

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК [574.58:595.142.2](262.54.04)

doi: 10.17223/19988591/61/5

Макрозообентос колоний полихеты *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) в районе Керченского пролива (Азово-Черноморский бассейн)

Вера Георгиевна Копий¹, Виталий Анатольевич Тимофеев²,
Людмила Васильевна Бондаренко³, Дарина Васильевна Подзорова⁴,
Владимир Андреевич Гринцов⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

¹ verakopiy@gmail.com

² tamplier74@mail.ru

³ bondarenko.luda@gmail.com

⁴ d.podzorova91@yandex.ru

⁵ vgrintsov@gmail.com

Аннотация. Многие виды-вселенцы представляют одну из самых серьёзных угроз для природных экосистем и деятельности человека. В сентябре 2019 г. в районе Аршинцевской косы Керченского пролива обнаружен новый для вод Азово-Черноморского побережья России биоценотический комплекс. Его основой является полихета *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923), трубки которой формируют колониальные структурные образования разного объёма и формы. В составе комплекса зарегистрированы 7 видов Polychaeta, 5 – Crustacea, 1 – Mollusca и неидентифицированные до вида Chironomidae, Ascidiacea, Actiniidae. Численность макрозообентоса в колониях варьировала от 1 857 до 3 277 экз./м², биомасса – от 36,873 до 277,312 г/м². Трофическая структура макрозообентоса колоний *F. enigmaticus* представлена тремя группами: полифаги, детритофаги и плотоядные животные. В биотопе рыхлых грунтов, расположенных рядом с колониями, видовой состав макрозообентоса значительно беднее и состоит из 2 видов полихет, 3 видов десятиногих раков и олигохет. В колониях созданы благоприятные условия для обитания таких инвазивных видов, как *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902, *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841), *Melita* cf. *setiflagella*, *Polydora cornuta* Bosc, 1802, *Streblospio gynobranchiata* Rice & Levin, 1998. В связи с этим важно отслеживать развитие данного сообщества с целью прогноза последствий для эндемичных видов и местных экосистем.

Ключевые слова: колония *Ficopomatus enigmaticus*; инвазивные виды; биологические инвазии; Керченский пролив; макрозообентос.

Источник финансирования: работа выполнена в рамках государственных заданий ФИЦ ИнБЮМ РАН № 121030100028-0 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов азово-черноморского бассейна и других районов Мирового океана» и № 121030300149-0 «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса».

Для цитирования: Копий В.Г., Тимофеев В.А., Бондаренко Л.В., Подзорова Д.В., Гринцов В.А. Макрозообентос колоний полихеты *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) в районе Керченского пролива (Азово-Черноморский бассейн) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2023. № 61. С. 113–133. doi: 10.17223/19988591/61/5

Original article

doi: 10.17223/19988591/61/5

Macrozoobenthos of polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) colonies in the Kerch Strait area (Azov-Black Sea basin)

Vera G. Kopyi¹, Vitaliy A. Timofeev², Ludmila V. Bondarenko³,
Darina V. Podzorova⁴, Vladimir A. Grintsov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Russian Academy of Sciences, A.O. Kovalevsky Institute of Biology
of the Southern Seas, MRO IBSS, Sevastopol, Russian Federation

¹ verakopyi@gmail.com

² tamplier74@mail.ru

³ bondarenko.luda@gmail.com

⁴ d.podzorova91@yandex.ru

⁵ vgrintsov@gmail.com

Summary. Many invasive species are known to represent one of the most serious threats to natural ecosystems and human activities. The purpose of our study is to analyse the species composition and quantitative indicators of macrozoobenthos living in the colonies of the non-native polychaete *Ficopomatus enigmaticus* in the area of the Arshintsevskaya Spit of the Kerch Strait, which will allow us to trace the process of reef formation and its impact on the ecological situation in the region.

The work is based on the materials obtained during an expedition carried out in the Kerch Strait region (N 45°20' and 50"; E 36°41' and 05") in September 2019, at stations restricted to depths from 0.1 to 0.2 m. The material was obtained using a bag of mill gas covering the colony and separating it from the substrate to which it was attached. Soil samples near the colonies were taken with a bottom grab with an area of 0.04 m². The IFA index was used to identify the community. The Czekanowski-Sørensen index was used to determine the fauna similarity in the compared lists.

In this research we revealed the presence of colonial settlements of *F. enigmaticus*. It was for the first time in the waters of the Azov-Black Sea Coast of Russia and the community was singled out. Sixteen species of macrozoobenthos have been recorded, including 7 species of polychaetes (*Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Fabricia stellaris* (Müller, 1774), *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923), *Perinereis cultrifera* (Grube, 1840), *Polydora cornuta* Bosc, 1802, *Scolecopsis (Parascolelepis) tridentata* (Southern, 1914), and *Streblospio gynobranchiata* (Rice & Levin, 1998); 5 species of crustaceans (*Melita* sp., *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853, *Microdeutopus* sp., *Monocorophium acherusicum* (Costa, 1853), and *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841)); 1 species of mollusks *Modiolus adriaticus* Lamarck, 1819 and unidentified species of Chironomidae, Ascidiidae, Actiniidae. Six of these species are invasive: *F. enigmaticus*, *P. macrodactylus*, *Rh. harrisii*, *M. cf. setiflagella*, *P. cornuta*, and *S. gynobranchiata*. The macrozoobenthos abundance in colonies varied from 1857 to 3277 ind./m². *F. enigmaticus* is the dominant species on this parameter. The biomass varied from 36.873 to 277.312 g/m², it was formed by the biomass of *F. enigmaticus*, *Rh. harrisii*, and representatives of Ascidiidae. The use of IFA allowed to identify *F. enigmaticus* community and its leaders: *F. enigmaticus*,

R. harrisii and representatives of the Ascidiidae family. The trophic structure of macrozoobenthos of *F. enigmaticus* colonies is represented by three groups: polyphages, detritophages, and predators. It was found that in the biotope of loose bottom sediments, the species composition of macrozoobenthos is much poorer than in colonies: 2 species of polychaetes, 3 species of decapods, and Oligochaeta. The species composition of the fauna of different colonies mainly has a high degree of similarity (the Czekanowski-Sørensen index varied from 0.5 to 0.84). When comparing the species composition of macrozoobenthos of colonies and loose sediments, this index varied from 0.2 to 0.44, indicating a low degree of similarity of fauna between sites.

For the first time, reef structures formed by tubes of the polychaete *F. enigmaticus* have been discovered on the Azov-Black Sea coast of Russia. The species composition and quantitative characteristics of the community were determined. The detection of major age groups of these species, presence of reproductive individuals and evidence of their successful breeding indicate the possibility of the formation of their self-reproducing populations in the Kerch Strait. In order to avoid negative consequences associated with a possible expansion of the habitat of invasive species, special measures are required to control the development of their populations in the adjacent waters of the Azov and Black Seas.

The paper contains 6 Figures, 3 Tables and 40 References.

Keywords: *Ficopomatus enigmaticus* colony, invasive species, biological invasions, Kerch Strait, macrozoobenthos

Fundings: This work was carried out within the framework of government research assignment of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS № 121030100028-0 and № 121030300149-0.

For citation: Kopyi VG, Timofeev VA, Bondarenko LV, Podzorova DV, Grintsov VA. Macrozoobenthos of polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) colonies in the Kerch Strait area (Azov-Black Sea basin). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = *Tomsk State University Journal of Biology*. 2023;61:113-133. doi: 10.17223/19988591/61/5

Введение

В последние годы интерес к проблеме видов-вселенцев и их воздействия на морское биоразнообразие и экосистемы постоянно растёт. Такое внимание вызвано большими затратами, связанными с последствиями биологических инвазий в прибрежных зонах морей и пресноводных водоёмов, а также в эстуарных экосистемах [1]. Известно, что многие чужеродные виды являются одной из наиболее серьёзных угроз для сохранения естественного биоразнообразия в природе [2]. После разрушения естественных местообитаний организмов в результате антропогенной деятельности инвазия новых видов занимает вторую позицию по значимости влияния на биоразнообразие [3]. Расселению этих видов в значительной мере способствуют многие факторы, включающие антропогенное воздействие и климатические изменения.

Как правило, инвазивные виды адаптируются к местным условиям обитания, но бывают случаи, когда возникает симбиоз нескольких инвазивных видов, образующих отдельный биоценотический комплекс. В таком сооб-

ществе один или несколько видов занимают доминирующие позиции по отношению к остальным, определяя их численность и биомассу.

Таким вселенцем в акватории Керченского пролива является полихета *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923). Первичное местообитание *F. enigmaticus* не установлено [4]. Встречается этот вид в водах с переменной солёностью в умеренных или влажных зонах умеренного климата как северного, так и южного полушарий. Согласно Ф. Рулье [5], он берёт свое начало в прибрежных лагунах Индии и был доставлен в Европу на корпусах английских военных кораблей. В Европе *F. enigmaticus* впервые замечен на севере Франции (Кан, Нормандия) в 1921 г. [6]. В Чёрном море вид впервые отмечен в опреснённом реликтовом озере Палеостоми на западном побережье Кавказа [7], затем его регистрировали в озёрах, лиманах и прибрежных акваториях северо-западного побережья Чёрного моря [8, 9]. *F. enigmaticus* обитает в широком диапазоне солёности (0,5–55‰) и температуры (9,6–27,2°C). Встречается не только на твёрдом субстрате, необходимом для оседания личинок, но и на илистом дне [10]. *F. enigmaticus* может построить риф только в защищённых водах и радикально изменить биотоп и таксономическую структуру сообщества [11].

Несмотря на то что наличие *F. enigmaticus* в Чёрном море давно известно морским биологам [7], до сих пор никто не проводил подробного исследования сообщества макрозообентоса, установленного в пределах рифов, образованных этой полихетой.

Возможно, наиболее важной характеристикой *F. enigmaticus* является то, что рифы, которые он строит, представляют трёхмерно сложный биотоп, уникальный в Чёрном море и обладающий разнообразной фауной. Обычно на рифе нет живых двустворчатых моллюсков, но молодь мидий иногда прикрепляется на поверхности рифа и никогда не доживает до взрослого состояния. Выживают только мидии, усеивающие дно комплекса, сеть щелей и туннелей, которые роют в рифе крабы. Постоянные движения крабов и рыбы (*Scorpaena*, *Gobiidae*) через эти узкие пространства препятствуют заселению личинок *F. enigmaticus* и разрушают трубки молодёжи, которая успевает осесть. Быстрорастущие трубки переплетаются между собой, зарастают, и это приводит к гибели полихет [11].

Ранее показано, что рифовое сообщество *F. enigmaticus* в лагуне Мар-Чикита [10] живёт в основном на периферии рифа, вероятно потому, что центральная часть состоит из мёртвых особей, а промежутки между трубками заполнены осадком. Большая часть живых червей (от 50 до 100%) находится во внешнем кольце [12].

Возможность изменять биотоп за счёт строительства рифов – ключевая особенность, которая позволяет *F. enigmaticus* создать новый тип сообщества. Несмотря на то, что рифы, образованные фикопоматусом, могут привести к экологическим нарушениям, связанным с изменением движения водных масс и переносом наносов, особенно в проливах и устьях, румынские ученые полагают, что *F. enigmaticus* не проявляет инвазивного поведения и не представляет угрозы для местных видов. Напротив, эта полихе-

та вносит положительный вклад в биоразнообразие румынского побережья Чёрного моря, так как, являясь фильтратором, питаясь взвешенным детритом и фитопланктоном, она благотворно влияет на качество воды, уменьшая количество взвешенных частиц и улучшая как кислородный, так и трофический статус акватории [11].

Несмотря на то, что в Чёрном море *F. enigmaticus* впервые обнаружен в 20-х гг. XX столетия [7], образование рифов этой полихетой отмечено у побережья Румынии лишь в начале XXI в. [11].

В экспедиции 2019 г. в водах азово-черноморского побережья России в акватории косы Аршинцевская Керченского пролива нами впервые обнаружены рифы, сформированные трубками *F. enigmaticus*. Изучение видового состава и количественных показателей макрозообентоса, обитающего в колониях полихеты *F. enigmaticus* в выше названном районе Керченского пролива, позволит нам проследить за процессом рифообразования и его влиянии на экологическую ситуацию в регионе.

Материал и методика

Работа основана на материалах бентосной съёмки, выполненной в районе Керченского пролива (N 45°20'50"; E 36°41'05") в сентябре 2019 г., на станциях, приуроченных к глубинам от 0,1 до 0,2 м (рис. 1).

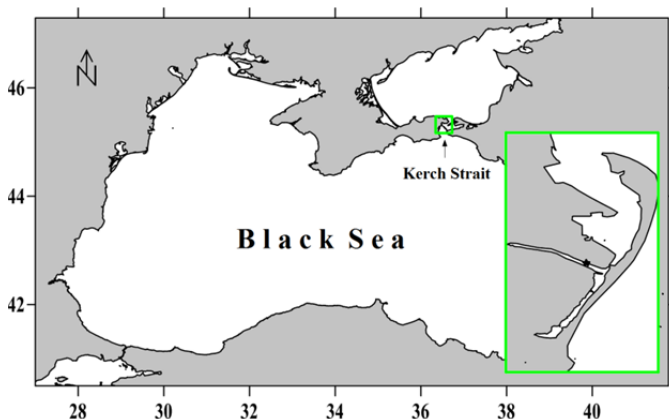


Рис. 1. Район исследования
[Fig. 1. The map of study area]

Материал отбирали с помощью мешка из мельничного газа, накрывая им колонию и отделяя от субстрата, к которому она была прикреплена. Для исследований отобрано четыре колонии, которые помещали в кристаллизатор и фиксировали 4%-ным раствором нейтрализованного формалина. В лабораторных условиях материал промывали под проточной водой через сито диаметром ячеей 0,5 мм и разбирали по таксономическим группам.

Моллюсков и асцидий взвешивали на электронных весах Sartorius с точностью до 0,1 г, остальные группы – на торсионных весах 3-го класса с точностью до 0,001 г и максимальным разрешением 250 мг.

Для анализа размерной структуры популяций *F. enigmaticus* и *Melita cf. setiflagella* измеряли длину каждой особи под бинокулярном МБС-9 с помощью окуляр-микрометра. Ширину карапакса декапод и длину асцидий измеряли штангенциркулем.

При описании количественного развития макрозообентоса использовали показатели численности (N , экз./м²) и биомассы (B , г/м²). Видовую идентификацию и выделение трофических групп осуществляли с помощью литературных источников [13–16]. Таксономическая принадлежность приводилась в соответствии с базами данных World Register of Marine Species [17].

Материал собран для морфологических исследований и генетического анализа. Виды Malacostraca идентифицированы с использованием характерных морфологических признаков [18–20].

Образцы ткани инвазивных видов Malacostraca для анализа ДНК отправлены в коллекцию генетических образцов Лаборатории экологии прибрежных донных сообществ ИО РАН.

Для выделения сообщества применили индекс функционального обилия (ИФО), рассчитанный по формуле

$$\text{ИФО} = N^{0,25} \times B^{0,75},$$

где N – численность вида, B – биомасса вида [21].

Для определения фаунистического сходства в сравниваемых списках использовался индекс Чекановского–Сёренсена:

$$i = 2a / b + c,$$

где a – число общих видов, b и c – число видов в сравниваемых списках [22].

Коэффициент Чекановского–Сёренсена показывает отношение общих видов к среднему арифметическому количеству видов в двух списках, он может изменяться от 0 (отсутствие сходства) до 1 (полное сходство).

Солёность (S , ‰) определяли с помощью солемера Senshe Sension-1.

Результаты и обсуждение

При исследовании прибрежной акватории Керченского пролива нами впервые выявлено наличие колониальных поселений *F. enigmaticus* (см. рис. 1).

Грунт представлен глинистым субстратом с рыжим наилком и мелким гравием. Температура воды на момент сбора материала составила +22°C, солёность поверхности воды – 16‰, E_h грунта – 40,2, E_h воды – 32, Ph грунта – 7,6, Ph воды – 8,1, O_2 воды – 60,5%.

Колонии имели конусообразную форму с диаметром самой широкой части конуса от 24 до 58 см, располагались группами по 2–5 шт. или в виде одиночных поселений вдоль уреза воды до глубины 0,5 м (рис. 2).

Рифы, которые строит полихета, представляют собой сложный биотоп с разнообразной фауной. Зарегистрировано 16 видов макрозообентоса, из них 7 видов полихет, 5 видов ракообразных, 1 вид моллюсков и неидентифицированные до вида Chironomidae, Ascididae, Actiniidae (табл. 1).

Численность макрозообентоса в колониях варьировала от 1 857 до 3 277 экз./м². *F. enigmaticus* является доминирующим видом по данному

параметру. Биомасса изменялась от 36,873 до 277,312 г/м², сформирована она биомассой *F. enigmaticus*, *Rhithropanopeus harrisii* и представителями Ascidiidae.

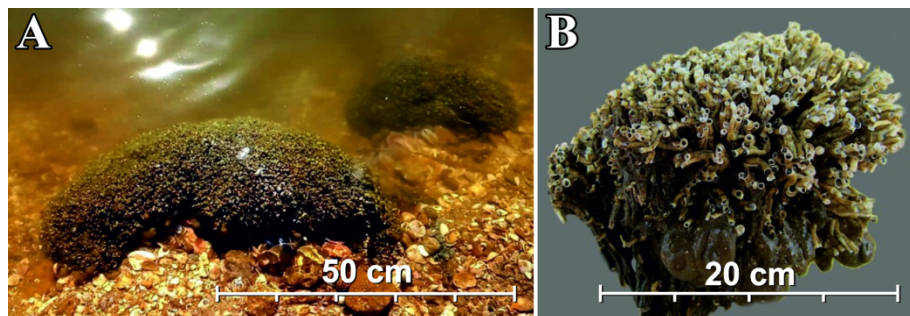


Рис. 2. Внешний вид колоний *Ficopomatus enigmaticus*: *A* – в природной среде обитания; *B* – изолированная колония в лабораторных условиях (фото В.Г. Копий)

[Fig. 2. Appearance of *Ficopomatus enigmaticus* colonies: *A* – in natural habitat and *B* – isolated colony in laboratory conditions (Foto VG Kopyi)]

Т а б л и ц а 1 [Table 1]

**Видовой состав и количественные показатели макрозообентоса
в колониях *Ficopomatus enigmaticus***
[Species composition and quantitative indicators of macrozoobenthos
in colonies of *Ficopomatus enigmaticus*]

Таксон [Taxon]	Колония 1 [Colony 1]	Колония 2 [Colony 2]	Колония 3 [Colony 3]	Колония 4 [Colony 4]
	N/ B	N/ B	N/ B	N/ B
Polychaeta				
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	12/0,168	43/0,084	34/1,878	11/0,375
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	0	0	0	1/0,0003
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)	1471/17,65	2375/14,05	2785/16,71	2687/18,869
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	0	0	1/0,0016	0
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	0	41/0,009	88/0,018	26/0,008
<i>Scolecopsis (Parascolecopsis) tridentata</i> (Southern, 1914)	0	1/0,0001	0	0
<i>Streblospio gynobranchiata</i> Rice & Levin, 1998	0	4/0,0003	7/0,007	5/0,017
ИТОГО [Total]	1483/17,82	2464/14,14	2915/18,61	2730/19,269
Malacostraca				
<i>Melita</i> sp.	0	43/0,0215	199/0,1441	371/0,3086
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	0	0	0	5/0,0022
<i>Microdeutopus</i> sp.	0	0	2/0,0004	0
<i>Monocorophium acherusicum</i> (Costa, 1853)	0	0	0	5/0,0015
<i>Rhithropanopeus harrisii</i> (Gould, 1841)	12/0,692	204/23,88	60/13,311	7/3,6625
ИТОГО [Total]	12/0,692	247/23,902	261/13,456	388/3,975
Bivalvia				
<i>Modiolus adriaticus</i> Lamarck, 1819	0	16/0,1305	0	0
ИТОГО [Total]	0	16/0,1305	0	0

Таксон [Taxon]	Колония 1 [Colony 1]	Колония 2 [Colony 2]	Колония 3 [Colony 3]	Колония 4 [Colony 4]
	N/ B	N/ B	N/ B	N/ B
Hexapoda				
Chironomidae	0	11/0,004	11/0,003	2/0,0005
Ascidacea				
Asciidiidae Herdman, 1882	362/258,8	30/11,733	25/11,25	152/13,60
Anthozoa				
Actiniidae Rafinesque, 1815	0	0	0	5/0,0280
BCEGO [Total]	1857/277,3	2768/49,91	3212/43,32	3277/36,873

В пределах исследованного биотопа на основании доминирования по индексу функционального обилия [21] выделено сообщество *F. enigmaticus* и определены лидеры: *F. enigmaticus*, декапода *R. harrisii* и представители Asciidiidae.

Плотность поселения фикопоматуса как средообразующего вида варьирует от 79 до 87% общей численности макрозообентоса, биомасса – от 28 до 65% общей биомассы макрозообентоса. Средние показатели численности и биомассы *F. enigmaticus* составили 2330 ± 234 экз./м² (средняя $\pm$ доверительный интервал) и $16,82 \pm 2,01$ г/м² соответственно.

Среди полихет во всех колониях обнаружена *A. succinea*, которая является эврибионтным видом и переносит диапазон температур от +0,9 до 26,1°C [15]. Взрослые особи выживают в диапазоне солёности от 0,6 до 87‰ [15, 23]. Вклад *A. succinea* в общую численность и биомассу невелик: от 0,4 до 1,75% и от 0,04 до 10,08% соответственно.

В трёх колониях зарегистрированы виды-вселенцы *P. cornuta* Bosc, 1802 и *S. gynobranchiata* Rice & Levin, 1998. *P. cornuta* – мелкая детритоядная полихета семейства Spionidae, описанная из акватории западной Атлантики (Чарльстон-Харбор, США). В настоящее время вид обычен для акваторий Северной и Южной Америки, Австралии, Европы и Азии. В Чёрном море распространён вдоль всего побережья и регистрируется с 1960-х гг. [24]. Предпочитает илистые грунты, в загрязнённых районах может достигать высоких показателей численности и биомассы (до 95 тыс. экз./м² и биомассы 157,4 г/м²). Вид толерантен к низкой солёности, его поселения регистрируются при 6,4–8‰ [24].

S. gynobranchiata, 1998 впервые описан из акватории Мексиканского залива, в дальнейшем зарегистрирован у Атлантического побережья Северной и Южной Америки, в морях Средиземноморского бассейна [25]. В Чёрном море *S. gynobranchiata* найден в 2007 г. в Севастопольской бухте, в дальнейшем вид отмечали в прибрежных районах Чёрного моря от Одессы до Сухими [26, 27], а также в Керченском проливе и южной части Азовского моря [28]. Полихеты обитают на мелководье до глубины 20 м, на заиленных грунтах достигают высокой численности, особенно в условиях загрязнённых портовых акваторий. Переносят солёность до 0,9‰ [8, 26]. В акватории Новороссийского порта их численность составляла 10 000 экз./м² [26]. В илистых грунтах глубоководного судового канала

Дунай–Чёрное море в 2016 г. на глубине 5,5 м отмечена численность 46 470 экз./м² [8]. Кроме данных полихет в одной из колоний обнаружены единичные экземпляры *F. stellaris*, *P. cultrifera*, *S. tridentata*.

В числе Malacostraca во всех колониях обнаружены десятиногие ракообразные *R. harrisii*, численность которых составляла от 2 до 100% общей численности ракообразных, биомасса – от 92 до 99,9% их общей биомассы. *R. harrisii* обитает в Чёрном, Азовском, Каспийском и Балтийском морях. В Азово-Черноморском бассейне локальные популяции краба обнаружены в Таманском заливе, в Бугазском лимане (Чёрное море), в устьях рек Вулан, Шапсухо и Туапсе, впадающих в Чёрное море [2]. Для *R. harrisii* характерны широкий спектр питания, высокая плодовитость и толерантность к изменению температуры и солёности. Вид может переносить солёность от 0 до 22‰ [2, 29].

Следующим вселенцем, населяющим колонии *F. enigmaticus*, является амфипода *Melita cf. setiflagella*, обнаруженная на глубине от 0,1 до 0,2 м. Важно отметить, что на соседних участках акватории, где отсутствовал субстрат, созданный вышеназванной полихетой, данный вид не встречался. Ранее в Керченском проливе в акватории Чёрного моря был зарегистрирован только один вид данного рода – *Melita palmata* (Montagu, 1804) [14]. Найденный нами вид мелиты морфологически очень похож на *M. setiflagella* Yamato, 1988, обнаруженную ранее в эстуариях рек Японии [19, 30]. Азиатская *M. setiflagella* неотличима морфологически от калифорнийской *Melita nitida* S.I. Smith in Verrill, 1873, которая обнаружена в Чёрном море у берегов Грузии в 2019 г. [31]. Кроме данной амфиподы в одной из колоний обнаружены единичные экземпляры *M. gryllotalpa* и *M. acherusicum*.

На одном из рифов найден двустворчатый моллюск *M. adriaticus*.

Биоконструкции, построенные *F. enigmaticus*, служат местом обитания как подвижных, так и прикреплённых форм гидробионтов. Ограниченный по ареалу биоценоз *F. enigmaticus* имеет ярко выраженную индивидуальность. Рифовое сообщество данного вида, обнаруженное в Чёрном море, отличается от подобных сообществ, обитающих в других районах Мирового океана.

В прибрежной части акватории на севере Франции (Нормандия) в гавани Maud Charles, защищенной от ветра, волн и течений, обрастание было заселено 15 таксонами подвижных беспозвоночных, включая 3 чужеродных вида. За исключением *F. enigmaticus*, тремя наиболее часто встречающимися видами (83,33%) были: Polychaeta *Nereis zonata*, Amphipoda *Gammarus zaddachi* и Decapoda *Rhithropanopeus harrisi*. На известковых трубках, построенных *F. enigmaticus*, включая асцидий *Molgula* sp., поселились *Balanus improvisus* и двустворчатый моллюск *Mya arenaria*. Подвижные сообщества, связанные с рифами *F. enigmaticus*, были населены обычным сообществом солоноватоводных морских полихет (*N. zonata* и *A. succinea*) и ракообразных, включая Amphipoda и Decapoda, в частности *R. harrisi*. [32].

В прибрежной лагуне Мар-Чикита в юго-восточной провинции Буэнос-Айреса на востоке Аргентины рифовое сообщество *F. enigmaticus* пред-

ставлено брюхоногими моллюсками: *Adelomelon brasiliana* и *Lilloridina parchappi*, двустворчатыми моллюсками *Macra isabelleana* и *Tagelus plebeius*, полихетами *Laeone reisacura*, *Heteromastus similis*, *Nephtys fluviatilis*, *Neanthes succinea*, *Polydora ligni* и *Boccardia hamata*, *Laeonereis acuta*, амфиподами *Corophium insidiosum* и *Melita palmata*, декаподами *Cyrtograpsus angulatus* [33].

По сведению других авторов, в рифах, образованных *F. enigmaticus*, обитают мшанки, губки, двустворчатые моллюски, подвижные хищники и падальщики, такие как ракообразные, иглокожие и рыбы. Одним из важнейших компонентов макроэпифауны лагуны Мар-Чикита является грапсидовый краб [10].

Сравнительный анализ собственных и литературных данных показал, что в сообществах *F. enigmaticus* из разных районов Мирового океана общими оказались полихеты *Polydora cornuta*, *Alitta succinea*, декапода *Rhithropanopeus harrisi* и Ascidiidae. Результаты наших исследований согласуются с полученными ранее данными по доминирующим видам в колониях *F. enigmaticus* из акватории гавани Maud Charles [33].

В акватории побережья Румынии в сообществе *F. enigmaticus*, так же как и в Керченском проливе, обнаружено 16 видов макрозообентоса, из которых 3 являются доминирующими. У румынского побережья доминируют *F. enigmaticus*, *Mytilaster lineatus*, *Balanus improvisus*, в наших пробах – *F. enigmaticus*, *Rh. harrisi* и Ascidiidae. Обнаружено 5 общих таксонов, численность и биомасса которых у побережья Румынии значительно выше [11].

Трофическая структура макрозообентоса колоний *F. enigmaticus* представлена тремя группами: полифаги, детритофаги и плотоядные животные (рис. 3).

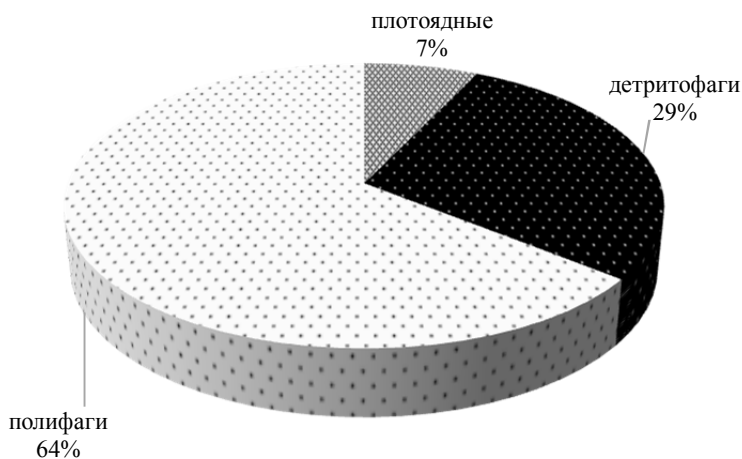


Рис. 3. Трофическая структура макрозообентоса колоний *Ficopomatus enigmaticus*
 [Fig. 3. The trophic structure of the macrozoobenthos of *Ficopomatus enigmaticus* colonies]

Выявлено, что большая доля гидробионтов – полифаги, наибольшее количество видов, относящихся к этой группе – полихеты. У детритофагов большая доля также принадлежит полихетам. Трофическая группа, относящаяся к плотоядным, включает всего 1 вид – *R. harrisii*, пищевой рацион которого представлен ракообразными и полихетами [2].

Проведен сравнительный анализ таксономического состава и количественных характеристик макрозообентоса биоценоза *F. enigmaticus* и расположенного рядом с ним биотопа рыхлых грунтов (табл. 2).

Установлено, что в биотопе рыхлых грунтов видовой состав макрозообентоса намного беднее, чем в колониях: 2 вида полихет, 3 вида декапод и Oligochaeta (табл. 2). В обоих биотопах встречены общие виды – полихеты *P. cornuta*, *S. gynobranchiata* и декапода *R. harrisii*. Численность *P. cornuta* в колонии в 5,57 раза выше, чем в грунте, а краба Харриса – в 355 раз. *Palaemon adspersus* и *Palaemon macrodactylus* обнаружены рядом с колониями, единичные экземпляры Oligochaeta – в рыхлых грунтах.

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

Таксономический состав и количественные характеристики макрозообентоса биоценоза *Ficopomatus enigmaticus* и расположенного рядом с ним биотопа рыхлых грунтов

[Taxonomic composition and quantitative characteristics of the macrozoobenthos of the *Ficopomatus enigmaticus* biocenosis and the adjacent biotope of loose bottom sediments]

Таксон [Taxon]	Колония [Colony]		Рядом с колонией [Near to the colony]	
	N	B	N	B
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	25	0,626	–	–
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	0,25	0,00008	–	–
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)	2330	16,82	–	–
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	0,25	0,0004	–	–
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	39	0,0088	7	0,001
<i>Scolecopsis (Parascolecopsis) tridentata</i> (Southern, 1914)	0,25	0,00003	–	–
<i>Streblospio gynobranchiata</i> Rice & Levin, 1998	4	0,0061	8	0,001
<i>Melita</i> sp.	153	0,119	–	–
<i>Microdeutopus</i> sp.	1,75	0,0007	–	–
<i>Monocorophium acherusicum</i> (Costa, 1853)	1,25	0,0004	–	–
<i>Palaemon macrodactylus</i> Rathbun, 1902	–	–	20	–
<i>Palaemon adspersus</i> Rathke, 1836	–	–	1	–
<i>Rhithropanopeus harrisii</i> (Gould, 1841)	71	10,386	0,2	0,033
<i>Modiolus adriaticus</i> Lamarck, 1819	4	0,033		
Actiniidae Rafinesque, 1815	10	0,007	–	–
Ascididae Herdman, 1882	142	80,596	–	–
Chironomidae	6	0,002	–	–
Oligochaeta	–	–	1,5	0,0003

В наших исследованиях видовой состав фауны разных колоний имеет высокую степень сходства – индекс Чекановского–Сёренсена варьировал от 0,5 до 0,84 (табл. 3).

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

**Индекс Чекановского–Сёренсена для колоний *Ficopomatus enigmaticus*
и биотопа рыхлых грунтов**
[The Czekanowski–Sørensen index for the *Ficopomatus enigmaticus* colonies
and the biotope of loose bottom sediments]

Показатель	Колония 1 [Colony 1]	Колония 2 [Colony 2]	Колония 3 [Colony 3]	Колония 4 [Colony 4]	Рядом с колонией [Near to the colony]
Колония 1 [Colony 1]	0				
Колония 2 [Colony 1]	0,8	0			
Колония 3 [Colony 1]	0,6	0,8	0		
Колония 4 [Colony 1]	0,5	0,75	0,84	0	
Рядом с колонией [Near to the colony]	0,2	0,44	0,3	0,3	0

При сравнении видового состава макрозообентоса колоний и рыхлых грунтов этот показатель изменялся от 0,2 до 0,44, что указывает на низкую степень сходства фаун между участками.

Инвазивный вид восточная креветка *Palaemon macrodactylus*, зарегистрированный рядом с колониями, успешно распространяется по акватории Чёрного моря [34]. Его основной ареал находится в прибрежных водах северо-западной части Тихого океана, у берегов Японии, Кореи, южной части российского Приморья и северного Китая, за пределами природного ареала этот вид зарегистрирован у побережья США, в атлантических прибрежных водах Европы в южной части Северного моря, в Австралии, Аргентине, в западной части Средиземного моря [34]. *P. macrodactylus* – эвригалинный вид. Местом обитания восточной креветки чаще всего являются илистые и песчаные грунты в распреснённых морских акваториях, эстуариях и устьях рек. Самая высокая плотность популяций *P. macrodactylus* зарегистрирована именно в устьях рек [35]. Несмотря на то, что креветка может встречаться в воде с солёностью более 30‰ [34], наиболее благоприятными условиями её обитания является среда с солёностью от 5 до 10‰ [36]. Этот вид толерантен к изменениям температуры и содержанию растворённого кислорода [37]. Благодаря таким особенностям организма, а также высокой способности к расселению и высокому генетическому разнообразию инвазивных популяций, *P. macrodactylus* легко адаптируется к условиям новой для себя среды обитания [35, 38].

Размерная структура массовых видов макрозообентоса в сообществе F. enigmaticus.

Ficopomatus enigmaticus (Fauvel, 1923)

Цвет живых полихет *F. enigmaticus* зависит от половой принадлежности: мужские особи зеленоватые, женские – оранжево-красные [15]. Опре-

делено соотношение женских и мужских особей и составлена размерная структура самок и самцов в популяции *F. enigmaticus*. Установлено, что в колонии соотношение самок и самцов 1:1,76.

Колония *F. enigmaticus* – полноценная популяция с особями, имеющими различную длину тела (рис. 4).

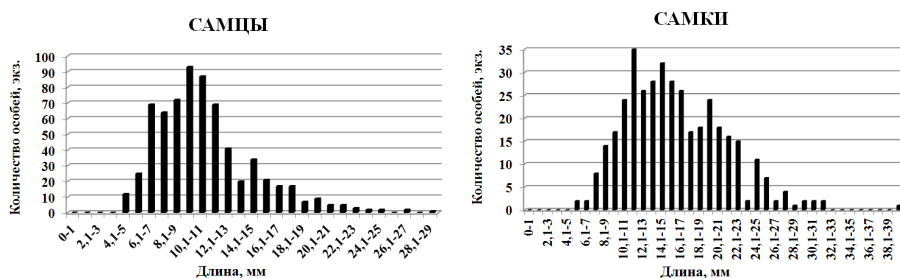


Рис. 4. Размерный состав *Ficopomatus enigmaticus* в колонии
[Fig. 4. The size composition males and females of *Ficopomatus enigmaticus* in the colony]

У самцов встречены полихеты с длиной тела от 5 до 29 мм. Преобладали черви размером от 7 до 18 мм, наименьшая доля (5,5% от общего количества особей в популяции) приходилась на ювенильные особи с длиной тела 5–6 мм. Самые крупные животные длиной 19–29 мм встречены в единичных экземплярах, их доля составила всего 5,3%.

В популяции самки крупнее самцов. Выявлены особи с длиной тела от 6 до 40 мм. Преобладали полихеты размером от 9 до 23 мм, самые крупные животные с длиной тела от 24 до 40 мм встречены в единичных экземплярах, их доля составила 5,5% от общего количества особей в популяции. Ювенильные особи с длиной тела 6–7 мм составили 1%.

Большое количество размерных групп может свидетельствовать о благоприятных условиях существования популяции. Низкая доля ювенильных особей в колонии связана со сроками размножения полихет. Известно, что в Чёрном море нерест *F. enigmaticus* происходит с июня по ноябрь [15], поэтому ко времени отбора проб (сентябрь) доля ювенильных особей была низкой, так как большая часть червей уже имели более крупные размеры.

Melita cf. setiflagella

Новый вид амфипод *M. cf. setiflagella* представлен в колонии *F. enigmaticus* 732 экземплярами с длиной тела от 2,0 до 11,0 мм (рис. 5, А). На долю особей размерами от 5 до 8 мм приходится 72,7% от их общего количества. Вклад мелких и крупных ракообразных составил соответственно 18,2 и 9,1%. В пробах отмечены как самцы, так и самки, среди которых присутствовали особи с икрой, что указывает на существование жизнеспособных популяций.

Rhithropanopeus harrisii (Gould, 1841)

В популяции *R. harrisii* соотношение самок и самцов 1:4,8. В устье реки Вулан соотношение полов было близким к 1:1 [2]. Зарегистрировано большое количество молоди крабов (40 экз.). На их долю приходится 58%

общего количества особей в популяции *R. harrisii*. На мелководе молодь крабов не обнаружена [2].

В популяции *R. harrisii* встречены крабы с шириной карапакса от 3,9 до 17 мм (рис. 5, B). Преобладала размерная группа от 5 до 8,5 мм, наименьшая доля (13% общего количества) приходилась на взрослых особей с шириной карапакса от 9,9 до 17 мм.

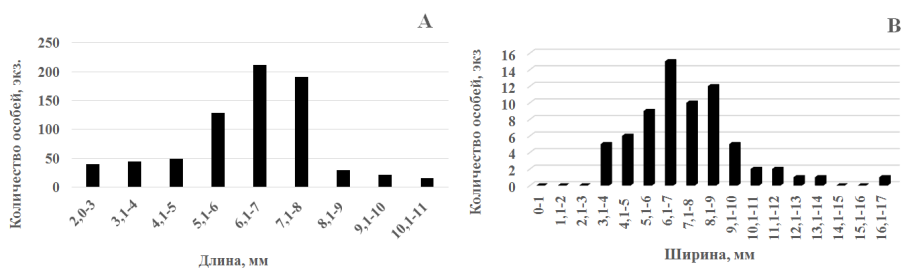


Рис. 5. Размерный состав *Melita cf. setiflagella* (A) и *Rhithropanopeus harrisii* (B)
[Fig. 5. Size composition of *Melita cf. setiflagella* (A) and *Rhithropanopeus harrisii* (B)]

Ascidiidae Herdman, 1882

У асцидий зарегистрированы особи размером от 3,8 до 34,6 мм (рис. 6).

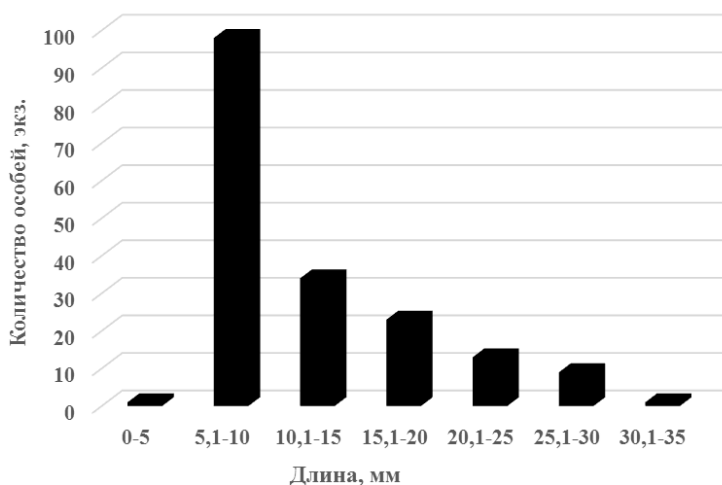


Рис. 6. Размерный состав *Ascidiidae*
[Fig. 6. Size composition of *Ascidiidae*]

Преобладали животные размером от 5,1 до 10 мм (54,7% от количества особей в популяции), в единичном экземпляре встречена ювенильная особь длиной тела 3,8 мм. Самые крупные животные длиной 20,1–35 мм встречены в единичных экземплярах, их доля составила 5,3%.

В биоценозе *F. enigmaticus* 31% видов – вселенцы, попавшие в Чёрное море естественным путем либо интродуцированы с балластными водами.

Особенности общего циклонического круговорота вод Чёрного моря [39] в данном регионе могут служить препятствием для естественного расширения ареала описываемых инвазивных видов с морскими течениями. Гидрологические условия не благоприятствуют пассивному расселению взрослых особей или пелагических личинок из западных областей на восток. Распространение видов таким способом более вероятно на юг к турецкому побережью и далее, вдоль прибрежной полосы на восток в сторону вод Грузии и юго-восточной части побережья Краснодарского края России. Это подтверждается тем фактом, что в 2019 г. у берегов Грузии найден вид *Melita nitida* [31]. Новый для Чёрного моря вид рода *Melita* нами обнаружен у восточных берегов Крыма в экспедиционных материалах 2019 г.

Более вероятно антропогенное вселение видов через судоходную деятельность. Предположительно это виды-вселенцы, интродуцированные в воды Чёрного моря в связи с высоким уровнем судоходства в данном регионе: более 2 000 крупнотоннажных (до 100 тыс. т) и малотоннажных судов (до 5 тыс. т) в год, не считая большого скопления транспорта на перегрузочном рейде у входа в Керченский пролив [40]. Вероятнее всего, появление такого количества интродуцентов в исследуемом районе связано с транспортным потоком, поскольку точка сбора бентосных проб расположена вблизи судостроительного завода, стоянки крупнотоннажных судов и находится в районе, который примыкает к месту активного судоходства.

Заключение

В процессе мониторинговых исследований, проводимых в Керченском проливе, такие виды-вселенцы, как *F. enigmaticus*, *S. gynobranchiata*, *P. macrodactylus* и *M. cf. setiflagella*, не были отмечены, что может указывать на их недавнее вселение в данный регион. Наличие репродуктивных особей говорит о возможности формирования самовоспроизводящихся популяций описываемых видов-вселенцев в Керченском проливе. В то же время доказательством того, что такие популяции сформировались, может быть только регулярное обнаружение всех основных возрастных групп видов в этом районе.

Появление интродуцентов может быть экономически ценным для рыбной промышленности и являться источником пищи для многих рыб, но при этом может привести к уменьшению численности популяции эндемиков. Особенностью *F. enigmaticus* является образование рифов, которые могут привести к экологическим нарушениям, связанным с изменением движения водных масс и переноса наносов, особенно в проливах и устьях, а также являться препятствием для судоходства. Требуется специальные меры контроля присутствия популяций указанных инвазивных видов и возможного расширения их ареалов в районе Керченского пролива и прилежащих вод Азовского и Чёрного морей в ближайшие несколько лет.

Список источников

1. Rikke K., Preisler K., Wasson W., Wolff J., Megan C., Tyrrell D. Invasions of Estuaries vs the Adjacent Open Coast: A Global Perspective. In: Rilov G, Crooks JA (eds) // Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies. 2008. № 204. PP. 587–617. doi: 10.1007/978-3-540-79236-9_33
2. Залота А.К. чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) в морях России и сопредельных водах : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : ФГБУ ИОРАН, 2017. 24 с.
3. Wilcove D.S., Rothstein D., Dubow J., Philips A., Losos E. Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, over-exploitation, and disease // BioScience. 1998. Vol. 48. PP. 607–616.
4. Styan C.A., McCluskey C.F., Sun Y., Kupriyanova E.K. Cryptic sympatric species across the Australian range of the global estuarine invader *F. enigmaticus* (Fauvel, 1923) (Serpulidae, Annelida) // Aquatic Invasions. 2017. Vol. 12, № 1. PP. 53–65. doi: https://doi.org/10.3391/ai.2017.12.1.06
5. Rullier F. Développement du serpulien *Mercierella enigmatica* Fauvel // Vie et Milieu. 1955. № 6(2). PP. 225–240.
6. Fauvel P. Polychètes sédentaires. Addenda aux Errantes, Archiannélides, Myzostomaires. Faune de France 16. Paris : Paul Lechevalier, 1927. 494 pp.
7. Annenkova N. Polychaeten aus dem Reliktsee Palaostom (West-Kaukasus) und den mit ihm verbundenen Flüssen // D A N SSSR. 1929. № 6. PP. 138–140.
8. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А. Роль портов и судоходства в формировании морских биот (неполносоленые моря Европы). Одесса : Астропринт, 2018. 500 с.
9. Копий В.Г., Зайцева О.В., Петров С.А. Особенности биологии полихеты *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) из массовых поселений в прибрежной акватории Керченского пролива (Чёрное море) // Russian Journal of Biological Invasions. 2022. № 5 (1). PP. 76–90. doi: 10.35885/1996-1499-15-1-76-90
10. Luppi T., Spivak E., Anger K. Patterns and processes of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura: Grapsidae) recruitment in Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2002. № 55. PP. 287–297. doi: 10.1006/ECSS.2001.0904
11. Micu D., Micu S. A new type of macrozoobenthic community from the rocky bottoms of the Black Sea // International Workshop on the Black Sea Benthos. 18–23 April 2004. Istanbul-Turkey. PP. 75–88.
12. Obenat S.M., Pezzani S.E. Life Cycle and Population Structure of the Polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Serpulidae) in Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina // Estuarine Marine. 1994. Vol. 17, № 1, Part B. PP. 263–270. doi: 10.2307/1352574
13. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Киев : Наукова думка, 1972. Т. 1. 437 с.; Т. 2. 536 с.; Т. 3. 340 с.
14. Гресе И.И. Фауна Украины. Бокоплавы. Высшие ракообразные. Киев : Наукова думка, 1985. Т. 26, вып. 5. 172 с.
15. Киселева М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. Апатиты : Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2004. 409 с.
16. Grintsov V., Sezgin M. Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea. Sevastopol : DigitPrint, 2011. 151 p.
17. WoRMS Editorial Board: World Register of Marine Species. URL: http://www.marinespecies.org. doi: 10.14284/170 (дата обращения: 09.05.2021).
18. Warner G.F., Jones A.R. Leverage and muscle type in crab chelae (Crustacea: Brachyura) // Journal of Zoology. 1976. Vol. 180, № 1. PP. 57–68. doi: 10.1111/j.1469-7998.1976.tb04663.x
19. Yamato S. Two species of the genus *Melita* (Crustacea: Amphipoda) from Brackish Waters in Japan // Publ. Seto Mar. Biol. Lab. Publications of the Seto Marine Biological laboratory. 1988. № 33(1/3). PP. 79–95. doi: 10.5134/176148

20. González-Ortegón E., Cuesta J.A. An illustrated key to species of *Palaemon* and *Palaemonetes* (Crustacea: Decapoda: Caridea) from European waters, including the alien species *Palaemon macrodactylus* // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2006. Vol. 86. PP. 93–102. doi: 10.1017/S0025315406012896
21. Мальцев В.И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26, № 1. С. 87–89.
22. Одум У.У. Экология. М. : Мир, 1986. 376 с.
23. Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Атлас обитателей псевдолиторали Азово-Черноморского побережья Крыма. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2020. 120 с. doi: 10.21072/978-5-6044865-1-1
24. Болтачева Н.А., Лисицкая Е.В., Подзорова Д.В. Распространение полихет-вселенцев в биотопах северной части Черного моря // Российский журнал биологических инвазий. 2020. № 4. С. 15–33. doi: 10.13140/RG.2.2.20777.52321
25. Rice S.A., Levin L.A. *Streblospio gynobranchiata*, a new spionid polychaete species (Annelida: Polychaeta) from Florida and the Gulf of Mexico with an analysis of phylogenetic relationships within the genus *Streblospio* // Proceedings of the Biological Society of Washington. 1998. Vol. 111 (3). PP. 694–707.
26. Radashevsky V.I., Selifonova Zh.P. Records of *Polydora cornuta* and *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae) from the Black Sea // Mediterranean Marine Science. 2013. № 14 (2). PP. 261–269. doi: 10.12681/mms.415
27. Selifonova Zh.P., Bartsits L.M. First occurrence of the invasive alien species *Streblospio gynobranchiata* (Rice & Levin, 1998) and *Polydora cornuta* Bosc, 1802 (Polychaeta: Spionidae) on the coast of Abkhazia (Sukhum Bay, Black Sea) // Ecologica Montenegrina. 2018. Vol. 18. PP. 129–132. doi: 10.37828/em.2018.18.13
28. Болтачева Н.А., Лисицкая Е.В. Полихеты юго-западной части Азовского моря // Экосистемы. 2019. 19. С. 33–141. URL: <http://ekosystems.cfuv.ru/2019>
29. Hegele-Drywa J., Normant M. Feeding ecology of the American crab *Rhithropanopeus harrisii* (Crustacea, Decapoda) in the coastal waters of the Baltic Sea // Oceanologia. 2009. Vol. 51, № 3. PP. 361–375. doi: 10.5697/oc.51-3.361
30. Grintsov V.A., Bondarenko L.V., Timofeev V.A. A new species of the amphipod *Melita* Leach, 1814 (Crustacea: Amphipoda: Melitidae) for the Azov-Black Sea Basin // Russian Journal of Biological Invasions. 2022. № 5(1). PP. 41–54. doi: 10.35885/1996-1499-15-1-41-54
31. Copilaș-Ciocianu Denis, Gavrila Marius Berchi, Levan Mumladze. First survey of shallow-water Amphipoda along the Georgian Black Sea coast reveals new faunistic records and the unexpected Atlantic invader *Melita nitida* // Mediterranean Marine Science. 2020. № 21/2. PP. 460–463. doi: 10.12681/mms.22844
32. Faillettaz R., Desroy N., Fournier J., Costil K. Distribution, associated species and extent of biofouling “reefs” formed by the alien species *Ficopomatus enigmaticus* (Annelida, Polychaeta) in marinas Maud Charles // Estuarine, Coastal and Shelf Science November. 2018. Vol. 212. PP. 164–175. doi: 10.1016/j.ecss.2018.07.007
33. Schwindt E., Iribarne O. The effect of the introduced reef-building polychaete *Ficopomatus enigmaticus* on the benthic species of a SW Atlantic coastal lagoon. Sixth International Polychaete Conference, August 2-7 1998. Curitiba, Brasil.
34. Тимофеев В.А., Симакова У.В., Спиридонов В.А. Первая находка восточной креветки *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Crustacea Decapoda Palaemonidae) в территориальных водах России в Черноморско-Азовском бассейне // Российский журнал биологических инвазий. 2019. № 1. С. 110–119. URL: http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2019_1
35. Newman W.A. On the introduction of an edible oriental shrimp (Caridea, Palaemonidae) to San Francisco Bay // Crustaceana. 1963. № 5. PP. 119–132.

36. Ogawa Y., Kakuda S., Takahashi M. On the shrimp fauna of Kozima Bay in the Seto Inland Sea // Journal of the Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University. 1983. Vol. 22. PP. 235–240.
37. Chicharo M.A., Leitao T., Range P., Gutierrez C., Morales J., Morais P., Chicharo L. Alien species in the Guadiana Estuary (SE–Portugal/SW–Spain): *Black fordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures // Aquatic Invasions. 2009. № 4. PP. 501–506.
38. Lejeusne C., Saunier A., Petit N., Bégue M., Otani M., Carlton J.T., Rico C., Green A.J. High genetic diversity and absence of founder effects in a worldwide aquatic invader // Scientific Reports. 2014. № 4. P. 5808.
39. Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Чёрном море // Труды Азово-Черноморской экспедиции. М. : ЦНИИРХ, 1932. Т. 10. 274 с.
40. Фашук Д.Я., Петренко О.А. Керченский пролив – важнейшая транспортная артерия и рыбопромысловый район Азово-Черноморского бассейна // Юг России: экология, развитие. 2008. № 1. С. 15–22.

References

1. Rikke K, Preisler K, Wasson W, Wolff J, Megan C, Tyrrell D. Invasions of Estuaries vs the Adjacent Open Coast: A Global Perspective. In: Rilov G, Crooks JA. (eds), *Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies* 204. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2008. PP. 587–617. In Germany. doi: 10.1007/978-3-540-79236-9_33
2. Zalota AK. Chuzherodnyye vidy desyatinogikh rakoobraznykh (Crustacea Decapoda) v moryakh Rossii i sopredel'nykh vodakh: avtoreferat dissertatsii. Moskva, Rossiya; 2017. 24 p. In Russian.
3. Wilcove D.S., Rothstein D., Dubow J., Philips A., Losos E. Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, over-exploitation, and disease. *BioScience*. 1998; 48: 607–616.
4. Styan CA, McCluskey CF, Sun Y, Kupriyanova EK. Cryptic sympatric species across the Australian range of the global estuarine invader *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) (Serpulidae, Annelida). *Aquatic Invasions*. 2017; 12(1):53–65. doi: <https://doi.org/10.3391/ai.2017.12.1.06>
5. Rullier F. Développement du serpulien *Mercierella enigmatica* Fauvel. *Vie et Milieu*. 1955; 6(2): 225–240.
6. Fauvel P. Polychètes sédentaires. Addenda aux Errantes, Archiannélides, Myzostomaires. Faune de France 16. Paris, France: Paul Lechevalier; 1927 494 p. In French.
7. Annenkova N. Polychaetenaus dem Relikt see Palaostom (West-Kaukasus) und den mit ihm verb unden en Flussen. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS*. 1929; 6: 138–140. In German.
8. Vinogradov AK., Bogatova YUI., Sinegub IA. Rol' portovisudokhodstva v formirovanii morskikh biot (nepolnosolenyye moray Yevropy). Odessa, Ukraina: Astroprint; 2018. 500 p. In Russian.
9. Kopyi VG., Zaitseva OV., Petrov SA. Features of the biology of the polychete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) from mass settlements in the coastal waters of the Kerch Strait (Black Sea) *Russian Journal of Biological Invasions*. 2022; 5(1):76–90. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-1-76-90>. In Russian, English Sammary.
10. Luppi T, Spivak E, Anger K. Patterns and processes of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura: Grapsidae) recruitment in Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina. *Estuar Coast Shelf Science Journal*. 2002; 55: 287–297. doi:10.1006/ECSS.2001.0904
11. Micu D, Micu S. A new type of macrozoobenthic community from the rocky bottoms of the Black Sea. In: *International Workshop on the Black Sea Benthos*. (Istanbul, Turkey 18–23 April, 2004). Turkey; 2004. 75–88.

12. Obenat SM, Pezzani SE. Life Cycle and Population Structure of the Polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Serpulidae) in Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina. *Estuaries*. 1994; 17(1): 263-270. doi:10.2307/1352574
13. Oprelidel' fauny Chornogo i Azovskogo morey. pod red. F.D. Mordukhay-Boltovskogo Tom 1, 2, 3. Kiyev, Ukraina: Naukova dumka; 1968-1972. In Russian.
14. Greze II. Fauna Ukrainy. Bopkplavy. Vysshie rakobraznyye. Tom 26, vypusk 5. Kiyev: Naukova dumka; 1985. 172 p. In Russian.
15. Kiseleva MI Polychaetes (Polychaeta) of the and Black Seas. Apatity, Rossiya: Publishing house of the Kola Science Center of RAS; 2004. 409 p. In Russian, English Sammary.
16. Grintsov V, Sezgin M. Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea. Sevastopol, Ukraina: Digit Print; 2011. 151 p.
17. WoRMS Editorial Board: World Register of Marine Species. [Electronic resource]. Available at: <http://www.marinespecies.org> doi: 10.14284/170. (accessed 09.05.2021).
18. Warner GF, Jones AR. Leverage and muscle type in crab chelae (Crustacea: Brachyura). *Journal of Zoology*. 1976; 180(1): 57-68. doi: 10.1111/j.1469-7998.1976.tb04663.x
19. Yamato S. Two species of the genus *Melita* (Crustacea: Amphipoda) from Brackish Waters in Japan. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*. 1988; 33(1/3): 79-95. urn:doi:10.5134/176148
20. González-Ortegón E, Cuesta JA. An illustrated key to species of *Palaemon* and *Palaemonetes* (Crustace: Decapoda: Caridea) from European waters, including the alien species *Palaemon macrodactylus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2006; 86: 93-102. doi:10.1017/S0025315406012896
21. Mal'tsev VI. Use of a Functional Abundance Index for Structural Study of Zoocoenoses. *Hydrobiological Journal*, 1990; 26(1): 105-106. In Russian, English Sammary.
22. Odum YU. Ekologiya. Moskva: Mir; 1986. 376 p. In Russian.
23. Kopyi VG., Bondarenko LV. Atlas of the inhabitants of the pseudo-littoral of the Sea of Azov-Black Sea coast of Crimea Sevastopol: FIC InBUM; 2020 p. doi: 10.21072/978-5-6044865-1-1 In Russian, English Sammary.
24. Boltachova NA, Lisitskaya EV, Podzorova DV. Distribution of alien polychaetes in biotopes of the northern part of the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2020; 4: 15-33. doi: 10.13140/RG.2.2.20777.52321 In Russian.
25. Rice SA, Levin LA. *Streblospio gynobranchiata*, a new spionid polychaete species (Annelida: Polychaeta) from Florida and the Gulf of Mexico with an analysis of phylogenetic relationships within the genus *Streblospio*. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 1998; 111(3): 694-707.
26. Radashevsky VI, Selifonova ZhP. Records of *Polydora cornuta* and *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae) from the Black Sea. *Mediterranean Marine Science*. 2013;14(2): 261-269. doi: 10.12681/mms.415
27. Selifonova ZhP, Bartsits LM. First occurrence of the invasive alien species *Streblospio gynobranchiata* (Rice & Levin, 1998) and *Polydora cornuta* Bosc, 1802 (Polychaeta: Spionidae) on the coast of Abkhazia (Sukhum Bay, Black Sea). *Ecologica Montenegrina*. 2018; 18: 129-132. doi: 10.37828/em.2018.18.13
28. Boltachova NA., Lisitskaya EV. Polychaetes of the Southwest of the Sea of Azov. *Ecosistemy*. 2019; 19: 133-141. <http://ekosystems.cfuv.ru/2019>. In Russian, English Sammary.
29. Hegele-Drywa J, Normant M. Feeding ecology of the American crab *Rhithropanopeus harrisi* (Crustacea, Decapoda) in the coastal waters of the Baltic Sea. *Oceanologia*. 2009; 51(3): 361-375. doi:10.5697/oc.51-3.361
30. Grintsov VA, Bondarenko LV, Timofeev VA A new species of the amphipod *Melita* Leach, 1814 (Crustacea: Amphipoda: Melitidae) for the Azov-Black See Basin. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2022; 5(1): 41-54. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-1-41-54> In Russian, English Sammary.
31. Copilaş-Ciocianu D, Berchi GM, Mumladze L. First survey of shallow-water Amphipoda along the Georgian Black Sea coast reveals new faunistic records and the unexpected

- Atlantic invader *Melita nitida*. *Mediterranean Marine Science*. 2020; 21(2): 460-463. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.22844>
32. Faillietaz R, Desroy N, Fournier J, Costil K. Distribution, associated species and extent of biofouling “reefs” formed by the alien species *Ficopomatus enigmaticus* (Annelida, Polychaeta) in marinas Maud Charles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2018; 212: 164-175. doi:10.1016/j.ecss.2018.07.007
 33. Schwindt E, Iribarne O. Reef of *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta; Serpulidae) in the Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina. *Boll. Socio Hist. Nat. Balears*. 1998;41:35-40.
 34. Timofeev VA, Simakova UV, Spiridonov VA. First record of the oriental prawn *Palaemon macrodactylus* (Crustacea Decapoda Palaemonidae) in the territorial waters of Russia in the Black Sea – Azov Basin. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2019;1:110-119. http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2019_1. In Russian, English Summary.
 35. Newman WA. On the introduction of an edible oriental shrimp (Caridea, Palaemonidae) to San Francisco Bay. *Crustaceana*. 1963;5:119-132.
 36. Ogawa Y, Kakuda S, Takahashi M. On the shrimp fauna of Kozima Bay in the Seto Inland Sea. *Journal of the Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University*. 1983;22:235-240.
 37. Chicharo MA., Leitao T, Range P, Gutierrez C, Morales J, Morais P, Chicharo L. Alien species in the Guadiana Estuary (SE–Portugal/SW–Spain): *Black fordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. *Aquatic Invasions*. 2009;4:501-506.
 38. Lejeune C., Saunier A., Petit N., Béguer M., Otani M, Carlton JT, Rico C, Green AJ. High genetic diversity and absence of founder effects in a worldwide aquatic invader. *Scientific Reports*. 2014;4:5808.
 39. Knipovich NM. Gidrobiologicheskiye issledovaniya v Chernom more. Trudy Azovo-Chernomorskoy Ekspeditsii. Tom 10. Moskva, Rossiya: Tsentral'nyy Nauchno-issledovatel'skiy institut rybnogo khozyaystva; 1932. 272 p. In Russian.
 40. Faschuk DY., Petrenko OA. Kerch strait – the major transport artery and a fishing area of the Azov-Black Sea pool. *South of Russia: ecology, development*. 2008;3(1):16-24. In Russian, English Summary.

Информация об авторах:

Копий Вера Георгиевна – канд. биол. наук, с.н.с. отдела экологии бентоса, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-3409>

E-mail: verakopiy@gmail.com

Тимофеев Виталий Анатольевич – канд. биол. наук, с.н.с. отдела экологии бентоса, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1112-7141>

E-mail: tamplier74@mail.ru

Бондаренко Людмила Васильевна – м.н.с. отдела экологии бентоса, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4755-2593>

E-mail: bondarenko.luda@gmail.com

Подзорова Дарина Васильевна – м.н.с. отдела экологии бентоса, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2001-9097>

E-mail: d.podzorova91@yandex.ru

Гринцов Владимир Андреевич – канд. биол. наук, с.н.с. отдела экологии бентоса, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9003-3054>
E-mail: vgrintsov@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Vera G. Kopyi, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of benthos ecology Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (IBSS) (Sevastopol, Russian Federation).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-3409>
E-mail: verakopyi@gmail.com

Vitaliy A. Timofeev, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of benthos ecology Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (IBSS) (Sevastopol, Russian Federation).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1112-7141>
E-mail: tamplier74@mail.ru

Ludmila V. Bondarenko, junior researcher, Department of benthos ecology Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (IBSS) (Sevastopol, Russian Federation).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4755-2593>
E-mail: bondarenko.luda@gmail.com

Darina V. Podzorova, junior researcher, Department of benthos ecology Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (IBSS) (Sevastopol, Russian Federation).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2001-9097>
E-mail: d.podzorova91@yandex.ru

Vladimir A. Grintsov, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of benthos ecology Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences (IBSS) (Sevastopol, Russian Federation).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9003-3054>
E-mail: vgrintsov@gmail.com

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 29.04.2022;
одобрена после рецензирования 26.09.2022; принята к публикации 02.08.2023.*

*The article was submitted 29.04.2022;
approved after reviewing 26.09.2022; accepted for publication 02.08.2023.*