

**Водные биоресурсы и среда обитания**

2023, том 6, номер 1, с. 82–90

<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)

doi: 10.47921/2619-1024\_2023\_6\_1\_82

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



**Aquatic Bioresources & Environment**

2023, vol. 6, no. 1, pp. 82–90

<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)

doi: 10.47921/2619-1024\_2023\_6\_1\_82

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК [574.58.063:595.142.2-15](262.5.04)

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ТАКСОЦЕНА ПОЛИХЕТ МЕЛКОВОДНОЙ ЧАСТИ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕННОСТИ

© 2023 Д. В. Подзорова, Н. А. Болтачева

ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей  
имени А.О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ), Севастополь 299011, Россия

E-mail: d.podzorova91@yandex.ru

**Аннотация.** Каркинитский залив — крупнейший залив Черного моря. С 1960-х гг., после постройки Северо-Крымского канала, вода в вершинной части залива сильно опреснялась стоками из рыбоводных прудов и оросительных систем. В 2014 г., после перекрытия канала, соленость воды повысилась и условия обитания организмов изменились. Цель настоящей работы — оценить изменение видового состава и количественных характеристик таксоцены полихет в мелководной зоне Каркинитского залива в 2018 г. по сравнению с 2008 г. после изменения солености воды. Исследования выполнены в августе 2008 и 2018 гг. на трех полигонах (по 17 станций в 2008 и 2018 гг.) на глубинах 0,2–1,7 м. Пробы макрозообентоса отбирали ручным дночерпателем площадью захвата 0,04 м<sup>2</sup>. В вершинной части Каркинитского залива в первой половине XXI века отмечено 35 видов полихет. Зарегистрированы многощетинковые черви 19 семейств; наибольшим числом видов представлены семейства Phyllodoceidae, Syllidae, Nereidae, Spionidae (по 4 вида). Три вида — *Lysidice unicornis*, *Polyophthalmus pictus*, *Syllis prolifera* — впервые отмечены для акватории Каркинитского залива. Показано, что с увеличением солености после 2014 г. видовое богатство таксоцены полихет в исследованной акватории увеличилось. В 2008 г. обнаружено 24, в 2018 г. — 32 вида. Средняя численность полихет в 2008 г. — 948±345 экз./м<sup>2</sup>, в 2018 г. — 417±161 экз./м<sup>2</sup>. Наибольшей численности в 2008 г. достигал *Hediste diversicolor* (средняя численность 676±371 экз./м<sup>2</sup>, максимальная — 2313 экз./м<sup>2</sup>). В 2018 г. максимальными показателями численности отличались *Polydora cornuta* (600 экз./м<sup>2</sup>), *Platynereis dumerilii* (225 экз./м<sup>2</sup>) и *Scolelepis tridentata* (450 экз./м<sup>2</sup>). При возрастании солености в диапазоне 1,5–17,8 ‰ отмечено снижение плотности *H. diversicolor* и, напротив, увеличение плотности других видов Polychaeta.

**Ключевые слова:** Каркинитский залив, Polychaeta, *Hediste diversicolor*, видовой состав, встречаемость, численность

## TRANSFORMATION OF THE POLYCHAETE TAXOCENE IN THE SHALLOW PART OF KARKINIT BAY UNDER CONDITIONS OF CHANGING SALINITY

D. V. Podzorova, N. A. Boltachova

FSBIS Federal Research Center "A.O. Kovalevsky Institute of Biology  
of the Southern Seas of RAS" (FRC IBSS), Sevastopol 299011, Russia  
E-mail: d.podzorova91@yandex.ru

**Abstract.** Karkinit Bay is the largest bay of the Black Sea. Since the 1960s, after the construction of the North Crimean Canal, the water in the top of the bay was heavily desalinated by runoff from fish ponds and irrigation systems. In 2014, after the canal was blocked, the salinity of the water increased, and the living conditions of the organisms changed. This work is aimed at the assessment of the change in the species composition and quantitative characteristics of the polychaete taxocene in the shallow zone of Karkinit Bay in 2018, which resulted from the changes in water salinity, as compared to those in 2008. The studies were carried out in August of 2008 and 2018—in three sampling areas at 17 stations (in 2008 and 2018 alike) at depths of 0.2–1.7 m. Samples of macrozoobenthos were collected using a manual bottom grab with a sample area of 0.04 m<sup>2</sup>. In the top part of Karkinit Bay in the first half of the 21<sup>st</sup> century, 35 species of polychaetes were recorded. Polychaete worms belonging to 19 families have been identified, with the families Phyllodocidae, Syllidae, Nereidae, and Spionidae comprising the largest number of species (4 species each). Three species—*Lysidice unicornis*, *Polyopthalmus pictus*, *Syllis prolifera*—were recorded in Karkinit Bay for the first time. It is shown that, with the post-2014 increase in salinity, the species richness of the polychaete taxocene in the investigated area has also increased. In 2008, 24 species were found, and in 2018, 32 species. The average abundance of polychaetes in 2008 was 948±345 ind./m<sup>2</sup>, and in 2018, it was 417±161 ind./m<sup>2</sup>. *Hediste diversicolor* reached the highest abundance in 2008 (average abundance 676±371 ind./m<sup>2</sup>, maximum abundance 2313 ind./m<sup>2</sup>). In 2018, *Polydora cornuta* (600 ind./m<sup>2</sup>), *Platynereis dumerilii* (225 ind./m<sup>2</sup>), and *Scolelepis tridentata* (450 ind./m<sup>2</sup>) were characterized by the highest abundance. With an increase in salinity in the range of 1.5–17.8 ‰, a decrease in the density of *H. diversicolor* was recorded and, conversely, an increase in the density of other Polychaeta species.

**Keywords:** Karkinit Bay, Polychaeta, *Hediste diversicolor*, species composition, frequency of occurrence, abundance

### ВВЕДЕНИЕ

Каркинитский залив — крупнейший залив Черного моря, образованный берегами Причерноморской низменности и Северо-Крымской низменности. Флора и фауна залива разнообразна и многочисленна, его акватория является местом гнездования перелетных птиц, а также нереста и нагула черноморских рыб. На значительной части акватории Каркинитского залива расположены природоохранные территории (государственный природный заповедник «Лебяжий острова», государственный природный заказник федерального значения «Каркинитский», ландшафтно-рекреационный парк «Бакальская коса») [1]. Песчаная насыпь Бакальская коса делит залив на более глубоководную и открытую западную часть и более замкнутую мелководную вершинную область с ограниченным водообменом [2]. Соленость и температура воды мелководной акватории изменчивы.

В холодное время года вода может замерзать, в теплое — сильно нагреваться и испаряться, вследствие чего ее соленость повышается. С 1960-х гг., после постройки Северо-Крымского канала (СКК), вода в вершинной части залива сильно опреснялась стоками из рыбоводных прудов и оросительных систем. В 2014 г., после перекрытия канала, соленость воды повысилась и условия обитания организмов изменились. Изучению макрозообентоса залива посвящен ряд работ [3–8], однако специальных исследований фауны Polychaeta в условиях изменяющейся солености не проводилось.

Цель настоящей работы — оценить изменение таксономического состава и количественных характеристик таксоцены полихет в мелководной зоне Каркинитского залива в 2018 г. по сравнению с 2008 г. после изменения его гидрохимических характеристик в связи с прекращением работы Северо-Крымского канала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнялись в августе 2008 и 2018 гг. на трех полигонах (по 17 станций в 2008 и 2018 гг.) на участке от вершины Каркинитского залива до Лебяжьих островов на глубинах 0,2–1,7 м (рис. 1). Пробы макрозообентоса отбирали ручным дночерпателем площадью захвата 0,04 м<sup>2</sup>. Грунт промывали через мельничный газ с размером ячеек 0,5 мм. Фиксировали 4%-ным раствором нейтрализованного формалина в морской воде. Из проб отбирали полихет, подсчитывали, измеряли влажную массу. На всех станциях измеряли температуру, а также соленость воды с помощью солемера SensION 5.

Таксономическая идентификация полихет выполнена по Киселевой [9] с последующей корректировкой названий по WoRMS [10].

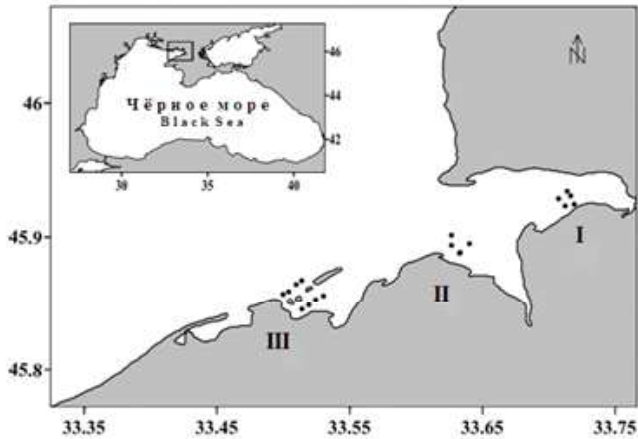


Рис. 1. Схема бентосных полигонов в вершинной части Каркинитского залива (Черное море, 2008–2018 гг.)

Fig 1. Outline map of benthic sampling areas in the head of Karkinit Bay (Black Sea, 2008–2018)

Встречаемость видов рассчитывали по формуле:

$$F = \frac{a}{n} \times 100\%,$$

где  $a$  — число станций, на которых встречен вид,  $n$  — общее число станций в исследованной акватории. К группе руководящих отнесены виды со встречаемостью 50 % и выше, к группе характерных — виды со встречаемостью 25–49 %, к редким — виды, найденные менее чем на 25 % выполненных станций. Для определения достоверности показателя средней численности рассчитывали стандартную ошибку среднего:

$$SEM = \frac{SD}{\sqrt{n}},$$

где  $SD$  — стандартное отклонение,  $n$  — объем выборки. Для оценки сходства видового состава полихет в 2008 и 2018 гг. использовали индекс Серенсена:

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

где  $c$  — количество видов, общих для обоих полигонов,  $a$  и  $b$  — число видов на каждом полигоне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В кутовой части Каркинитского залива в 2008 г. отмечено 24 вида полихет, в 2018 г. — 33 вида. За оба периода исследований обнаружены 35 видов из 19 семейств, при этом наибольшим количеством видов (по 4) были представлены семейства Phyllodocidae, Syllidae, Nereididae, Spionidae (таблица).

Три вида, встреченные в 2008 г., не обнаружены в 2018 г., в то же время в 2018 г. найдены 11 видов, не отмеченные в 2008 г. Среди них *Lysidice unicornis* (Grube, 1840), *Polyopthalmus pictus* (Dujardin, 1839) и *Syllis prolifera* Krohn, 1852 впервые отмечены в акватории Каркинитского залива. В целом, фауна в 2008 и 2018 гг. характеризовалась высоким уровнем сходства — индекс Серенсена составлял 0,73.

Как в первый, так и во второй период исследования гидрохимические показатели на изученных полигонах существенно различались. В 2008 г. соленость воды на первом, втором и третьем полигонах была 1,5–2,3; 5,0–10,3; 16,2–17,8 ‰, соответственно. В 2018 г., после прекращения работы СКК в Крыму, на всех полигонах зарегистрирована соленость выше средней для Черного моря: на первом — 27,3 ‰, на втором — 26,8 ‰ и на третьем — 19,8–20,4 ‰. Число видов, обнаруженных на полигонах в 2008 г., изменялось от 2 до 22, увеличиваясь при возрастании солености, а в 2018 г. оно варьировало в гораздо меньших пределах — от 14 до 25 (рис. 2).

На первом полигоне в 2008 г. при значении солености 1,5–2,3 ‰ были обнаружены только *H. diversicolor* и *N. pontica*. В 2018 г. при солености 27,3 ‰ на этом полигоне встречено 19 видов, из которых руководящими (встречаемость 80 %) были *G. alba*, *H. filiformis*, *N. hombergii*; характер-

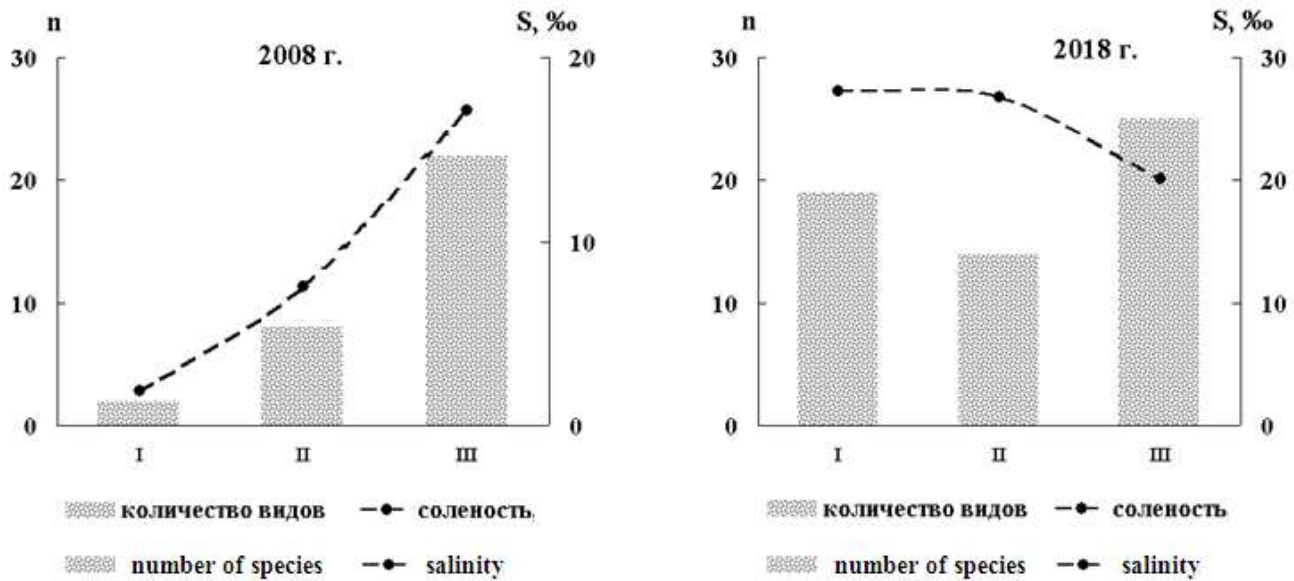
Видовой состав, средняя численность (N, экз./м<sup>2</sup>), ошибка среднего (SEM) и встречаемость (F, %) Polychaeta в вершинной части Каркинитского залива в 2008 и 2018 гг.

Species composition, average abundance (N, ind./m<sup>2</sup>), mean error (SEM), and frequency of occurrence (F, %) of Polychaeta in the head of Karkinit Bay in 2008 and 2018

Вид / Species	2008 г.			2018 г.		
	N	SEM	F	N	SEM	F
<i>Capitella capitata capitata</i> (Fabricius, 1780)	2	2	24	15	9	29
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)				3	2	12
<i>Exogone naidina</i> Pagenstecher, 1862	6	4	12	1	1	12
<i>Nereiphylla pusilla</i> (Claparède, 1870)				1	1	6
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	1	1	6	10	4	35
<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	37	14	35	15	4	59
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	4	3	18	17	6	47
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	26	11	29	24	14	47
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	4	4	6	7	7	6
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	676	189	71	15	13	12
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	93	56	35	18	8	35
<i>Lagis neapolitana</i> (Claparède, 1869)				1	1	6
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	1	1	6	13	6	29
<i>Lindrilus flavocapitatus</i> (Uljanina, 1877)	3	3	6	3	2	12
<i>Lysidice ninetta</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	1	1	6			+
<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)						+
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	15	9	24	6	2	35
<i>Micronephthys longicornis</i> (Perejaslvtseva, 1891)	1	1	6	3	2	12
<i>Microphthalmus fragilis</i> Bobretzky, 1870	1	1	6	6	5	12
<i>Namanereis pontica</i> (Bobretzky, 1872)	7	7	6			
<i>Nephtys cirrosa</i> Ehlers, 1868				7	5	12
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	2	2	12	12	7	18
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867				13	10	18
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)	7	5	18			
<i>Phyllodoce (Anaitides) mucosa</i> Örsted, 1843	9	5	24	4	2	29
<i>Platynereis dumerilii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	20	9	24	64	20	59
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	18	9	29	70	46	24
<i>Polyopthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)				1	1	6
<i>Pygospio elegans</i> Claparède, 1863				1	1	12
<i>Salvatoria clavata</i> (Claparède, 1863)	1	1	6	27	1	12
<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	1	1	6			
<i>Scolecopsis (Parascolecopsis) tridentata</i> (Southern, 1914)	11	11	24	49	27	41
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> Southern, 1914				4	2	18
<i>Spio decorata</i> Bobretzky, 1870				4	4	6
Spirorbinae Chamberlin, 1919 gen. sp.				3	2	6
<i>Syllis prolifera</i> Krohn, 1852				1	1	6

Примечание: «+» — виды из качественных проб

Note: «+» — species from qualitative samples



**Рис. 2.** Число видов полихет (n), зарегистрированных в условиях разной солености воды (S) на полигонах I–III в 2008 и 2018 гг. (Каркинитский залив, Черное море)

**Fig. 2.** Number of polychaete species (n) recorded under different salinity conditions (S) in the sampling areas I–III in 2008 and 2018 (Karkinit Bay, Black Sea)

ными — *G. tridactyla*, *H. imbricata*, *L. leiopygos* и *S. tridentata*. Индекс сходства Серенсена для комплекса видов на этом полигоне в эти два периода — 0,1.

На втором полигоне в 2008 г. при солености 5,0–10,3 ‰ было выявлено 8 видов, самые распространенные из которых — *H. diversicolor* (встречаемость — 83 %), *P. cornuta* и *S. tridentata* (встречаемость — 50 %). В 2018 г. соленость повысилась до 26,8 ‰ и было отмечено 14 видов, из которых руководящие — *G. tridactyla*, *P. dumerilii*, *S. tridentata* и *G. alba*. Индекс сходства Серенсена для комплекса видов на этом полигоне в два периода — 0,38.

На третьем полигоне у Лебяжьих островов в 2008 г. соленость составляла 16,2–17,8 ‰ и было отмечено 22 полихет, из них руководящие — *H. imbricata*, *H. filiformis*, *C. capitata*, *M. palmata*, *Ph. mucosa* и *P. dumerilii*. В 2018 г. в исследуемой акватории при солености 19,8–20,4 ‰ зарегистрировано 25 видов, но только у *P. dumerilii* встречаемость превышала 50 %. Комплексы видов в 2008 и 2018 гг. были наиболее сходны на этом полигоне: отмечено 17 общих видов, индекс Серенсена — 0,75.

Численность полихет в 2008 г. изменялась от 63 до 2313 экз./м<sup>2</sup>, средняя составляла 948±345 экз./м<sup>2</sup>. В 2018 г. этот показатель варьировал

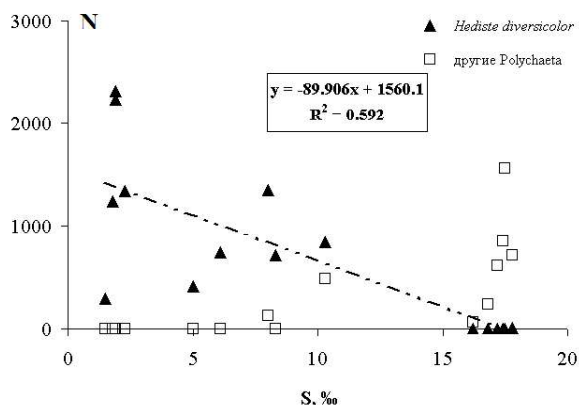
от 100 до 1450 экз./м<sup>2</sup>, составляя в среднем 417±161 экз./м<sup>2</sup>. Таким образом, средняя численность полихет в 2008 г. была в два раза выше, чем в 2018 г., что в значительной мере обусловлено очень высокими показателями *H. diversicolor* (средняя численность 676±371, максимальная — 2313 экз./м<sup>2</sup>), а также *H. filiformis* (средняя численность — 93, максимальная — 950 экз./м<sup>2</sup>). Средняя численность других видов не превышала 40 экз./м<sup>2</sup>. В целом для 2008 г. можно отметить, что численность *H. diversicolor* уменьшалась, а численность прочих видов Polychaeta увеличивалась при возрастании солености (рис. 3). Средняя биомасса полихет в 2008 г. составляла 22,77±11,51 г/м<sup>2</sup>; в 2018 г. биомасса была значительно ниже (2,58±1,29 г/м<sup>2</sup>). Доминировал по биомассе в 2008 г. *H. diversicolor* (средняя биомасса 19,35±12,44, максимальная — 95,5 г/м<sup>2</sup>).

В 2018 г. максимальной численностью отличались другие виды: *P. cornuta* (600 экз./м<sup>2</sup>), *P. dumerilii* (225 экз./м<sup>2</sup>) и *S. tridentata* (450 экз./м<sup>2</sup>). Наиболее высокие показатели биомассы были у *G. tridactyla* (средняя — 0,72±0,58, максимальная — 4,25 г/м<sup>2</sup>) и *P. dumerilii* (средняя — 0,48±0,51, максимальная — 4,45 г/м<sup>2</sup>).

Количественные показатели таксоцена полихет на разных полигонах варьировали и в 2008, и в 2018 гг. Сравнение численности полихет на одно-

именных полигонах в разные годы исследования показало, что наиболее близкие средние значения этого показателя ( $649 \pm 418$  и  $417 \pm 294$  экз./м<sup>2</sup>) отмечены на третьем полигоне, где показатели солености также были сходными (17,8 и 20,4 ‰) (рис. 4).

Соленость воды — важный абиотический фактор, во многом определяющий видовой состав

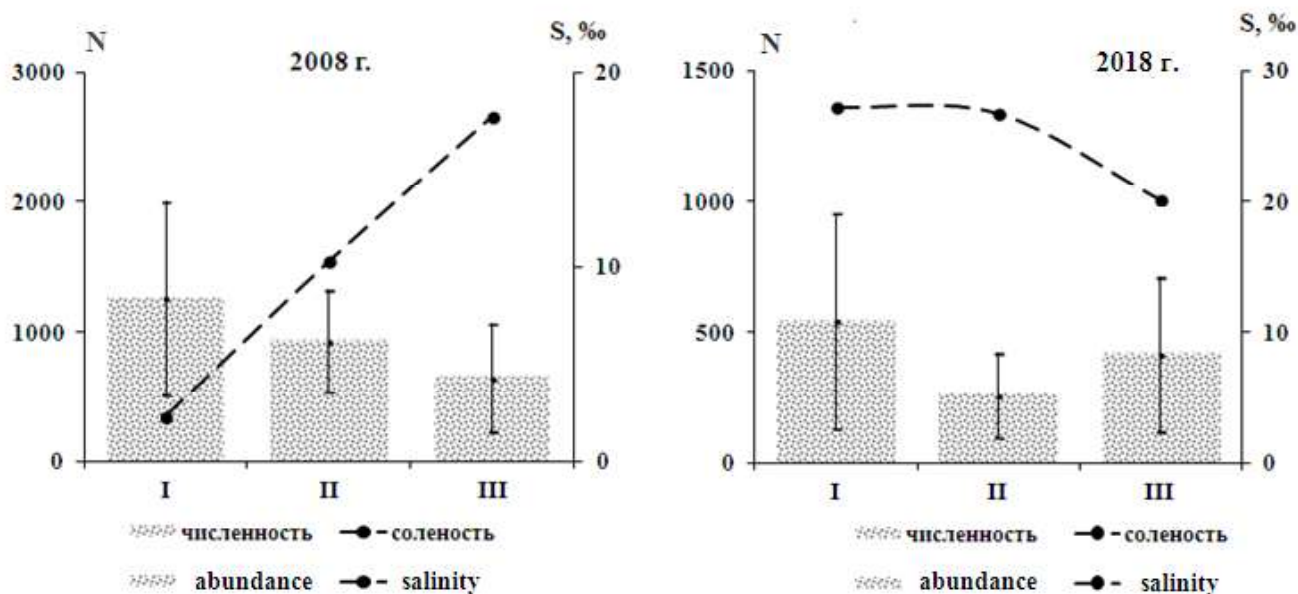


**Рис. 3.** Численность (N, экз./м<sup>2</sup>) *H. diversicolor* (N) и других видов Polychaeta при различной солености (S) в 2008 г. (Каркинитский залив, Черное море)

**Fig. 3.** Abundance of *H. diversicolor* (N, ind./m<sup>2</sup>) and other Polychaeta species at different salinity (S) in 2008 (Karkinit Bay, Black Sea)

гидробионтов. Нижнее значение солености, при котором большинство морских организмов сохраняет способность к существованию, соответствует значению 5–8 ‰ [11]. Лишь некоторые виды Polychaeta способны преодолевать этот критический барьер. Распределение видов в вершинной части Каркинитского залива в 2008 г. подтверждает эту закономерность: в олигогалинных условиях первого полигона (S < 5 ‰) отмечено лишь два вида — *H. diversicolor* и *N. pontica*. При увеличении солености до 16,2–17,8 ‰ зарегистрировано большее количество видов (22). *H. diversicolor* играет ключевую роль в некоторых донных биоценозах как компонент пищевой цепи и биотурбатор [12]. Известно, что он способен обитать в воде широкого диапазона солености 1,4–37 ‰, а также выживает при понижении содержания кислорода до 2,44 мл/л. [9]. Однако массовое развитие этого вида наблюдали в лиманах на илистых, часто — зараженных сероводородом грунтах при солености 5–6 ‰ [13]. Нами наиболее многочисленная популяция *H. diversicolor* обнаружена в 2008 г. при солености 1,5–10 ‰. При более высокой солености и в 2008, и в 2018 гг. плотность *H. diversicolor* была низкой.

На полигонах с близкими значениями солености (Лебяжьего острова, 2008 и 2018 гг.) таксоцены



**Рис. 4.** Средняя численность Polychaeta (N, экз./м<sup>2</sup>) на полигонах I–III при разных значениях солености воды (S) в 2008 и 2018 гг. (Каркинитский залив, Черное море)

**Fig. 4.** Average abundance of Polychaeta (N, ind./m<sup>2</sup>) in the sampling areas I–III at different salinity (S) in 2008 and 2018 (Karkinit Bay, Black Sea)

полихет имели сходный набор видов и близкие значения общей численности. При высоких значениях солености (27 ‰) в 2018 г. не отмечено заметных изменений в составе таксоцены полихет по сравнению со станциями с обычной черноморской соленостью. Вероятно, это можно объяснить тем, что большинство видов полихет, обнаруженных в исследованной акватории (*N. hombergii*, *M. palmata*, *S. bulbosa* и др.) имеют атлантическое или средиземноморское происхождение [14] и могут обитать в водоемах с соленостью 30 ‰ и выше. Таким образом, повышение солености воды свыше 17–18 ‰, обнаруженное в летний сезон 2018 г., приближало среду к естественным условиям обитания этих видов.

## ВЫВОДЫ

В вершинной части Каркинитского залива в первой половине XXI века отмечено 35 видов полихет. Полихеты представлены 19 семействами; наибольшее число видов относилось к семействам Phyllodoceidae, Syllidae, Nereidae и Spionidae (по 4 вида). Три вида — *Lysidice unicornis* (Grube, 1840), *Polyopthalmus pictus* (Dujardin, 1839) и *Syllis prolifera* Krohn, 1852 — впервые отмечены для акватории Каркинитского залива. Показано, что с увеличением солености после 2014 г. видовое богатство таксоцены полихет в исследованной акватории увеличилось. В 2008 г. обнаружено 24, в 2018 г. — 32 вида. Средняя численность полихет в 2008 г. —  $948 \pm 345$  экз./м<sup>2</sup>, в 2018 г. —  $417 \pm 161$  экз./м<sup>2</sup>. Наибольшей численности в 2008 г. достигал *Hediste diversicolor* (средняя численность  $676 \pm 371$ , максимальная —  $2313$  экз./м<sup>2</sup>). В 2018 г. максимальными показателями численности отличались *Polydora cornuta* ( $600$  экз./м<sup>2</sup>), *Platynereis dumerilii* ( $225$  экз./м<sup>2</sup>) и *Scolelepis tridentata* ( $450$  экз./м<sup>2</sup>). В условиях опреснения акватории мелководной части Каркинитского залива в 2008 г. зарегистрировано чрезвычайно низкое видовое богатство таксоцены Polychaeta, которое возрастало по мере увеличения солености. При возрастании солености в диапазоне 1,5–17,8 ‰ отмечалось снижение плотности *H. diversicolor* и, напротив, увеличение плотности других видов многощетинковых червей.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне признательны участникам сбора и обработки материала: Н.К. Ревкову, В.А. Тимофееву, М.В. Макарову, А.А. Надольному.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» № гос. регистрации: 121030100028-0.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильчакова Н.А., Александров В.В. Морские охраняемые акватории и проблемы природопользования в Каркинитском заливе (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 4. С. 50–58. doi: 10.22449/2413-5577-2018-4-50-58.
2. Иванов В.А., Совга Е.Е., Хмара Т.В., Зима В.В. Термохалинный режим акватории Каркинитского залива и экологические последствия природопользования // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 3. С. 22–33. doi: 10.22449/2413-5577-2018-3-22-33.
3. Арнольди Л.В. Материалы по количественному изучению зообентоса Черного моря. II. Каркинитский залив // Труды Севастопольской биологической станции. 1949. Т. 7. С. 127–192.
4. Александров Б.Г., Болтачева Н.А., Бушуев С.Г., Колесникова Е.А., Литвиненко Н.М., Мильчакова Н.А., Миничева Г.Г., Синегуб И.А., Терентьев А.С. Спецификация местообитания малое филлофорное поле в Каркинитском заливе Черного моря // Environmental Collaboration for the Black Sea. Georgia, Moldova, Russia and Ukraine : науч. отчет по проекту. 2008. 34 с.
5. Семик А.М., Шляхов В.А. Состояние макрозообентоса северо-западной части Каркинитского залива в 2007–2008 годах // Труды ЮгНИРО. 2009. Т. 47. С. 85–93.
6. Ревков Н.К., Болтачева Н.А., Колесникова Е.А., Тимофеев В.А. Макрозообентос района Лебяжьих островов Каркинитского залива (Черное море) // Биоразнообразие и устойчивое развитие : тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 19–23 мая 2010 г.). Симферополь, 2010. С. 108–111.
7. Болтачева Н.А., Ревков Н.К., Бондаренко Л.В., Колесникова Е.А., Тимофеев В.А., Копий В.Г. Таксономический состав макрозообентоса Каркинитского залива (Черное море) в начале XXI века // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции (г. Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Т. 2. С. 36–40.
8. Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Макробентос мелководья юго-восточной части Каркинитского залива

ва (Черное море) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 3. С. 14–23. doi: 10.37102/2782-1978\_2021\_1\_2.

9. Киселева М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра Российской академии наук, 2004. 409 с.
10. WoRMS. World Register of Marine Species. URL: <http://www.marinespecies.org> (дата обращения 06.09.2022). doi: 10.14284/170.
11. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. М.: Наука, 1974. 237 с.
12. Urban-Malinga B., Jakubowska-Lehrmann M., Biały M., Hallmann A. Microplastics cause neurotoxicity and decline of enzymatic activities in important bioturbator *Hediste diversicolor* // Marine Environmental Research. 2022. Vol. 179, issue 1. e105660. doi: 10.1016/j.marenvres.2022.105660.
13. Лосовская Г.В. Экология полихет Черного моря. К.: Наукова думка, 1977. 91 с.
14. Surugiu V. Zoogeographical origin of the polychaete fauna of the Black and Azov Seas // Cahiers de Biologie Marine. 2008. Vol. 49, issue 4. Pp. 351–354.

## REFERENCES

1. Milchakova N.A., Aleksandrov V.V. Morskije okhranyaemye akvatorii i problemy prirodopol'zovaniya v Karkinit'skom zalive (Chernoe more) [Marine conservation areas and problems of nature management in the Karkinit'sky Bay (the Black Sea)]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea], 2018, issue 4, pp. 50–58. doi: 10.22449/2413-5577-2018-4-50-58. (In Russian).
2. Ivanov V.A., Sovga E.E., Khmara T.V., Zima V.V. Termokhalinnyy rezhim akvatorii Karkinit'skogo zaliva i ekologicheskie posledstviya prirodopol'zovaniya [Thermohaline regime of the Karkinite Bay and environmental consequences of nature management]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea], 2018, issue 3, pp. 22–33. doi: 10.22449/2413-5577-2018-3-22-33. (In Russian).
3. Arnoldi L.V. Materialy po kolichestvennomu izucheniyu zoobentosa Chernogo morya. II. Karkinit'skiy zaliv [Materials on the quantitative study of the zoobenthos of the Black Sea. II. Karkinit'sky Bay]. *Trudy Sevastopol'skoy biologicheskoy stantsii* [Scientific papers of the Sevastopol Biological Station], 1949, vol. 7, pp. 127–192. (In Russian).
4. Aleksandrov B.G., Boltachova N.A., Bushuev S.G., Kolesnikova E.A., Litvinenko N.M., Milchakova N.A., Minicheva G.G., Sinigub I.A., Terentyev A.S. Spetsifikatsiya mestoobitaniya maloe fillofornoe pole v Karkinit'skom zalive Chernogo morya [Habitat specification for the Small Phyllophora Field in the Karkinit Bay of the Black Sea]. In: *Environmental Collaboration for the Black Sea. Georgia, Moldova, Russia and Ukraine : nauchnyy otchet po projektu* [Environmental Collaboration for the Black Sea. Georgia, Moldova, Russia and Ukraine. Project research report]. 2008, 34 p. (In Russian).
5. Semik A.M., Shlyakhov V.A. Sostoyanie makrozoobentosa severo-zapadnoy chasti Karkinit'skogo zaliva v 2007–2008 godakh [State of macrozoobenthos of the north-western part of Karkinit'skiy Bay in 2007–2008]. *Trudy YugNIRO* [YugNIRO Proceedings], 2009, vol. 47, pp. 85–93. (In Russian).
6. Revkov N.K., Boltacheva N.A., Kolesnikova E.A., Timofeev V.A. Makrozoobentos rayona Lebyazh'ikh ostrovov Karkinit'skogo zaliva (Chernoe more) [Macrozoobenthos of the Swan Islands area of the Karkinit Bay (Black Sea)]. In: *Bioraznoobrazie i ustoychivoe razvitie : tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Simferopol', 19–23 maya 2010 g.)* [Biodiversity and sustainable development. Abstracts of the International Research and Practice Conference (Simferopol, 19–23 May, 2010)]. Simferopol, 2010, pp. 108–111. (In Russian).
7. Boltachova N.A., Revkov N.K., Bondarenko L.V., Kolesnikova E.A., Timofeev V.A., Kopy V.G. Taksonomicheskii sostav makrozoobentosa Karkinit'skogo zaliva (Chernoe more) v nachale XXI veka [Taxonomic composition of macrozoobenthos Karkinit'skiy Bay (Black Sea) in early XXI century]. In: *Morskije biologicheskie issledovaniya: dostizheniya i perspektivy : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, priurochennoy k 145-letiyu Sevastopol'skoy biologicheskoy stantsii (g. Sevastopol', 19–24 sentyabrya 2016 g.)* [Marine biological research: achievements and perspectives. Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145<sup>th</sup> anniversary of Sevastopol Biological Station (Sevastopol, 19–24 September, 2016)]. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika [EKOSI-Hydrophysics], 2016, vol. 2, pp. 36–40. (In Russian).
8. Kopy V.G., Bondarenko L.V. Makroobentos melkovod'ya yugo-vostochnoy chasti Karkinit'skogo zaliva (Chernoe more) [Shoal-water macrozoobenthos of the south-eastern part of the Karkinit Bay (Black Sea)]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2021, vol. 4, no. 3, pp. 14–23. doi: 10.37102/2782-1978\_2021\_1\_2. (In Russian).
9. Kiseleva M.I. Mnogoshchetinkovye chervi (Polychaeta) Chernogo i Azovskogo morey [Polychaetes (Polychaeta) of the Azov and Black Seas]. Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk [Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences] Publ., 2004, 409 p. (In Russian).



10. WoRMS. World Register of Marine Species. Available at: <http://www.marinespecies.org> (accessed 06.09.2022). doi: 10.14284/170.
11. Khlebovich V.V. Kriticheskaya solenost' biologicheskikh protsessov [The critical salinity of biological processes]. Moscow: Nauka [Science], 1974, 237 p. (In Russian).
12. Urban-Malinga B., Jakubowska-Lehrmann M., Białowąs M., Hallmann A. Microplastics cause neurotoxicity and decline of enzymatic activities in important bioturbator *Hediste diversicolor*. *Marine Environmental Research*, 2022, vol. 179, issue 1, e105660. doi: 10.1016/j.marenvres.2022.105660.
13. Losovskaya G.V. Ekologiya polikhet Chernogo morya [Ecology of polychaetes of the Black Sea]. Kyiv: Naukova dumka [Scientific Thought], 1977, 91 p. (In Russian).
14. Surugiu V. Zoogeographical origin of the polychaete fauna of the Black and Azov Seas. *Cahiers de Biologie Marine*, 2008, vol. 49, issue 4, pp. 351–354.

Поступила 28.08.2022

Принята к печати 07.11.2022