

УДК 574.583

С. М. СНИГИРЕВ¹, канд. биол. наук, П. В. ЛЮМКИС¹,
В. И. МЕДИНЕЦ¹, канд. физ.-мат. наук, с. н. с., Е. И. ГАЗЕТОВ¹, П. М. СНИГИРЕВ¹,
А. Н. АБАКУМОВ¹, В. З. ПИЦЫК¹, И. Е. СОЛТИС¹

¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова
пров. Маяковского 7, м. Одеса, 65082, Украина

E-mail: snigirev@te.net.ua <https://orcid.org/0000-0003-3287-2519>

pasha.lumkis@gmail.com

medinets@te.net.ua <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

gazetov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>

snigirev@te.net.ua

alex.n.abakumov@gmail.com

v.z.pitsyk@gmail.com

i.soltys@onu.edu.ua

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ В 2016-2017 ГГ.

Цель. Изучение состояния мезозoopланктона в прибрежных водах о. Змеиный в 2016-2017 гг. **Методы.** Стандартные методы отбора, определения, оценки численности и биомассы мезозoopланктона. **Результаты.** На основе полученных данных проведен анализ биоразнообразия и структурных характеристик мезозoopланктона прибрежных вод о. Змеиный. Определен таксономический состав, численность и биомасса каждого вида, представлена динамика численности и биомассы мезозoopланктона по сезонам года. По метрикам мезозoopланктона проведена оценка качества морской среды. **Выводы.** Всего в 2016-2017 гг. было идентифицировано 32 таксона 9-ти основных групп мезозoopланктона. Показано, что доминирующими группами были Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera и Harpacticoida. Биоразнообразие зоопланктона изменялось в пределах от 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016), при средних значениях в 2016 г – 2,32, в 2017 г – 1,64 соответственно. Численность и биомасса мезозoopланктона в 2016-2017 гг. изменялась в широких пределах от 645 до 55829 экз./м³ и от 1,385 до 2597,248 мг/м³ соответственно (при среднем значении 10129 экз./м³ и 154,82 мг/м³ в период IV-XII 2016 г и 21563 экз./м³ и 466,30 мг/м³ в IV-VI 2017 г). Качество воды в прибрежных водах у острова Змеиный по состоянию зоопланктона соответствовало оценке плохое («Bad») в 18 случаях из 68 (26,4% случаев) и, в общем, оценено как неудовлетворительное «Poor». По показателю общей биомассы (total biomass) оценено преимущественно как низкое «Poor» и плохое «Bad» (68,2%). Хорошее «Good» (10,6%) и высокое «High» (9,1%) качество отмечено в 19,7% случаях, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии мезозoopланктона – основного компонента кормовой базы пелагических личинок и пелагических видов черноморских рыб.

Ключевые слова: мезозoopланктон, численность, биомасса, остров Змеиный

Snigirov S. M., Lyumkis P. V., Medinets V. I., Gazetov Ye. I., Snigirov P. M., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Soltys I. Ye.

Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine

STUDIES OF MEZOOZOOPLANKTON IN THE ZMIINYI ISLAND COASTAL WATERS IN 2016-2017.

Purpose. To study the state of mezozooplankton in the Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017. **Methods.** Standard methods of mezozooplankton sampling, determination, number and biomass assessment. **Results.** Based on the data received, analysis of biodiversity and structural characteristics of mezozooplankton in the Zmiinyi Island coastal waters has been made. Taxonomic composition, number and biomass have been determined for each species; dynamics of number and biomass presented season by season. Marine environment quality assessment has been performed on the metrics of mezozooplankton. **Conclusions.** Altogether 32 taxa of 9 main mezozooplankton groups were identified in 2016-2017. It was shown that the dominating groups were Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera and Harpacticoida. Shannon's biodiversity index of mezozooplankton varied from 0.41 (20.06.2016) to 3.29 (24.07.2016) with average values 2.32 in 2016 and 1.64 in 2017. Mezozooplankton number and biomass varied in 2016-2017 within broad limits from 645 to 55829 ind/m³ and 1.385 to 2597.248 mg/m³ respectively (with average values 10129 ind/m³ and 154.82 mg/m³ in the period IV-XII, 2016 and 21563 ind/m³ and 466.30 mg/m³ in the period IV-VI, 2017). Water quality in the coastal waters of the Zmiinyi Island on the state of mezozooplankton was «Bad» in 18 cases out of 68 (26.4%) and was assessed in general as «Poor». On total mezozooplankton biomass the state was assessed as «Poor» and «Bad» (68.2%).

«Good» (10.6%) and «High» (9.1%) quality was found in 19.7% of cases, which evidenced unsatisfactory state of mesozooplankton – the main component of food reserve for pelagic larvae and pelagic species of the Black Sea fish.

Key-words: mesozooplankton, number, biomass, Zmiinyi Island

Снігір'ов С. М., Люмкіс П. В., Медінець В. І., Газтов Є. І., Снігір'ов П. М., Абакумов А. М., Піцик В. З., Солтис І. Є.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕЗОЗООПЛАНКТОНУ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ В 2016-2017 РР.

Ціль. Дослідження стану мезозoopланктону в прибережних водах острова Зміїний в 2016-2017 рр. **Методи.** Стандартні методи відбору, визначення, оцінки чисельності і біомаси мезозoopланктону. **Результати.** На основі отриманих даних проведено аналіз біорізноманіття і структурних характеристик мезозoopланктону прибережних вод острова Зміїний. Визначено таксономічний склад, чисельність та біомасу кожного виду, представлено динаміку чисельності і біомаси мезозoopланктону по сезонах року. За метриками мезозoopланктону проведено оцінку якості морського середовища. **Висновки.** Всього в 2016-2017 рр. було ідентифіковано 32 таксони 9 основних груп мезозoopланктону. Показано, що домінуючими групами були Copepoda, Rotatoria, Protozoa, Cladocera і Harpacticoida. Індекс біорізноманіття Шеннона для мезозoopланктону змінювався в границях від 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016) при середніх значеннях 2,32 в 2016 р. і 1,64 в 2017 р. Чисельність та біомаса мезозoopланктону в 2016-2017 рр. змінювалась в широких границях від 645 до 55829 екз./м³ і від 1,385 до 2597,248 мг/м³ відповідно (при середньому значенні 10129 екз./м³ і 154,82 мг/м³ в період IV-XII 2016 р. і 21563 екз./м³ та 466,30 мг/м³ в IV-VI 2017 р.) Якість води в прибережних водах у острова Зміїний за станом мезозoopланктону відповідала оцінці «погана» («Bad») в 18 випадках з 68 (26,4% випадків) і оцінено в цілому як «Poor». За показником загальної біомаси (total biomass) стан мезозoopланктону оцінено переважно як «Poor» і «Bad» (68,2%). Якість «Good» (10,6%) і «High» (9,1%) відмічено в 19,7% випадків, що свідчить про незадовільний стан мезозoopланктону – основного компоненту харчової бази пелагічних личинок та пелагічних видів чорноморських риб.

Ключові слова: мезозoopланктон, чисельність, біомаса, острів Зміїний

Введение

Северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ), куда впадают наиболее крупные реки Дунай, Днестр, Днепр, всегда рассматривалась, как зона максимальной продукции кормового мезозoopланктона и продолжает оставаться основной зоной нагула рыб планктофагов. Кроме того, известно, что мезозoopланктонные организмы являются чувствительными индикаторами качества воды [1, 3, 4, 8]. Таксономический состав и количественные характеристики мезозoopланктона северо-западной части Черного моря были детально изучены учеными Института морской биологии НАН Украины (Одесское отделение ИнБЮМ) [1, 5, 6]. Наиболее полно особенности пространственно-временной структуры зоопланктона в северной части Черного моря были исследованы научной группой Л.Н. Грузова в 1992-1993 году [7]. Сведения о мезозoopланктоне прибрежных вод острова Змеиный немногочисленны [9, 10]. В этих публикациях, рассматриваются эпизодические

данные по качественному составу, численности и биомассе основных таксономических групп и отдельных видов зоопланктона прибрежных вод острова. В связи с экономическими проблемами в Украине в последние десятилетия регулярный мониторинг состояния мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный не проводился [2]. С марта 2016 по июнь 2017 г. при финансовой поддержке международного проекта EMBLAS II научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований Одесского национального университета имени И.И. Мечникова (ОНУ) был реализован пилотный проект интегрированного мониторинга, одной из основных задач которого был отбор и анализ проб мезозoopланктона. Целью настоящего исследования является обобщение результатов изучения состояния мезозoopланктонного сообщества в 2016-2017 гг. в прибрежных водах острова Змеиный.

Материал и методы исследований

Отбор проб мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный проводился с апреля по декабрь 2016 года и с апреля

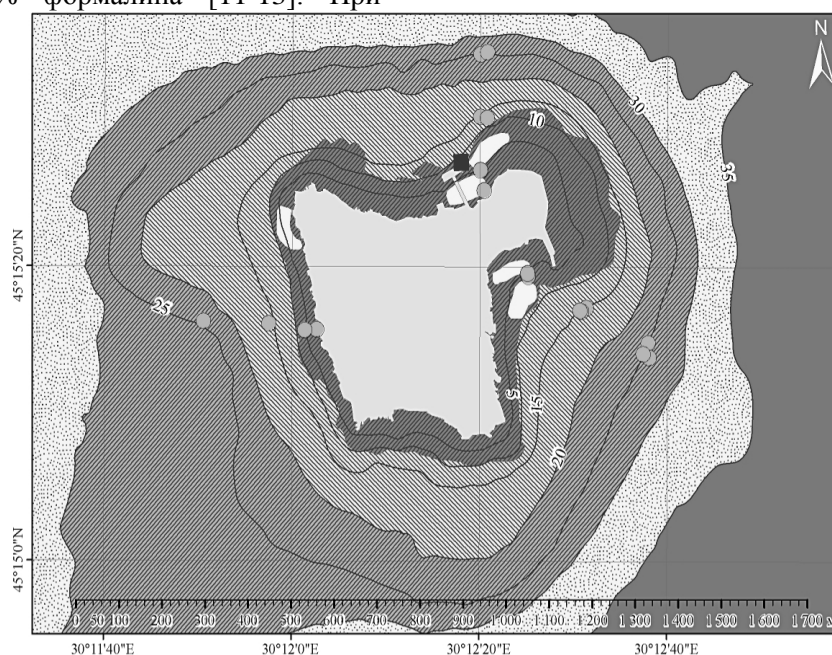
по июнь 2017 года. Всего еженедельно было отобрано 34 пробы мезозoopланктона на реперной станции ZPR (глубина 7,5-8,0 м) и

34 пробы – на станциях ежемесячных съемок в прибрежных водах острова Змеиный на глубинах 5,0-25,0 м (рис.1).

На всех станциях использовалась малая сеть Джеди (Juday net, 0,0113 м², размером сита 150 мкм), рекомендованная для отбора проб экспертами международного проекта EMBLAS II.

Сконцентрированный в приемном стаканчике сети мезозoopланктон, помещали в пластиковую бутылку и фиксировали раствором 4% формалина [11-13]. При

дальнейшей камеральной обработке пробы мезозoopланктона сгущали методом фильтрации, просматривали в камере Богорова, используя микроскопы МБС-10 и «Prior». Определение видов проводили по [14, 15]. Видовое разнообразие определялось с помощью показателя (индекса) Шеннона (H). Определение качества морских вод по состоянию мезозoopланктона в прибрежной зоне Черного моря проводили по инструкциям [3, 4, 13].



— изобаты, м; ■ станция ZPR, ● - станции ежемесячных отборов

Рис. 1 – Расположение станций отбора проб мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный в 2016-2017 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

В период с апреля по декабрь 2016 г и с апреля по июнь 2017 г. в пробах мезозoopланктона отобранных в прибрежных водах острова Змеиный было обнаружено 32 таксона (в IV-XII 2016 г – 32, в IV-VI 2017 – 27) зоопланктонных организмов, из которых наибольшее число видов было представлено классом Crustacea (табл. 1). В весенние периоды 2016 и 2017 гг. в пробах было обнаружено 15 и 23 таксона зоопланктонных организмов соответственно, летом и осенью 2016 г по 25 таксонов, летом 2017 г – 23 таксона.

Раздельно проанализированы временные распределения количества идентифицированных таксонов и рассчитанного индекса биоразнообразия Шеннона (H) для четырех

групп проб, отобранных с разных глубин: 8 м – станция ZPR (рис. 2), а также на станциях ежемесячных экспедиций с глубинами 5, 15, 25 м (рис. 3 – 5). Анализ показал, что число таксонов зоопланктона в пробах изменялось от 6 (20.05; 01.11.2016) до 17 (20.07.2016) при среднем значении 11 в апреле – декабре 2016 г, 9 – в апреле – июне 2017 г. Значение H зоопланктона изменялось в пределах от 0,41 (20.06.2016) до 3,29 (24.07.2016), при средних значениях в 2016 г – 2,32, в 2017 г – 1,64 соответственно. С повышением температуры воды с конца апреля по август количество таксонов зоопланктона увеличивалось за счет развития теплолюбивых групп зоопланктона.

Таблиця 1

Таксономічний склад зоопланктону в прибережних водах острова Змеїний
(апрель-декабрь 2016 г и апрель-июнь 2017 г.)

№.№	Таксон	Период исследований					
		2016				2017	
		IV-V	VI-VIII	IX-XI	XII	IV-V	VI
	Copepoda Calanoida						
1	<i>Calanoida nauplii</i>	+	+	+	+	+	+
2	<i>Acartia clausi</i>	+	-	+	-	+	+
3	<i>Acartia tonsa</i>	+	+	+	+	+	+
4	<i>Centropages ponticus</i>	-	+	+	-	-	-
5	<i>Calanipeda</i> gen.spp	-	-	+	-	+	-
6	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	-	-	+	+	+	+
7	<i>Paracalanus parvus</i>	+	+	-	+	+	+
	Copepoda Cyclopoida						
8	<i>Oithona similis</i>	+	-	-	-	+	-
9	<i>Oithona davisae</i>	+	+	+	+	+	+
10	<i>Cyclops</i> gen.spp	-	+	-	-	-	-
	Harpacticoida						
11	<i>Harpacticoida</i> gen.spp	-	+	-	-	-	+
	Cladocera						
12	<i>Penilia avirostris</i>	-	+	+	-	+	+
13	<i>Evadne tergestina</i> (<i>Pleopis tergestina</i>)	-	+	+	-	+	-
14	<i>Evadne spinifera</i>	-	+	+	-	-	-
15	<i>Pleopis polyphemoides</i> (<i>Podon polyphemoides</i>)	+	+	+	+	+	+
16	<i>Podonevadne trigona</i>	-	+	-	-	-	-
	Chaetognatha						
17	<i>Parasagitta setosa</i>	-	+	+	+	+	+
	Noctilucales						
18	<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	-	+	+	+
	Rotatoria						
19	<i>Rotatoria</i> gen.spp	+	-	+	+	+	-
	Scyphozoa						
20	<i>Aurelia aurita</i> *	+	+	+	+	+	+
	Ctenophora						
21	<i>Pleurobrachia pileus</i> *	-	+	+	-	+	+
22	<i>Beroe ovata</i> *	-	+	+	-	-	+
23	<i>Mnemiopsis leidyi</i> *	+	+	+	-	+	+
	Appendicularia						
24	<i>Oikopleura dioica</i>	+	-	+	+	+	+
25	Pisces: ova	-	+	+	-	-	+
	MEROPLANKTON						
26	<i>Balanus</i> gen.spp nauplii	+	+	+	-	-	+
27	Decapoda larvae	-	+	+	-	+	+
28	Cirripedia larvae	-	-	+	+	+	+
29	Polychaeta larvae	+	+	+	+	+	+
30	Bivalvia larvae	+	+	+	+	+	+
31	Gastropoda larvae	-	+	+	-	+	+
32	Trochophora larvae	-	+	-	-	-	-
	Всего таксонов:	15	25	25	14	23	23
	Новые таксоны	15	13	3	0	0	0

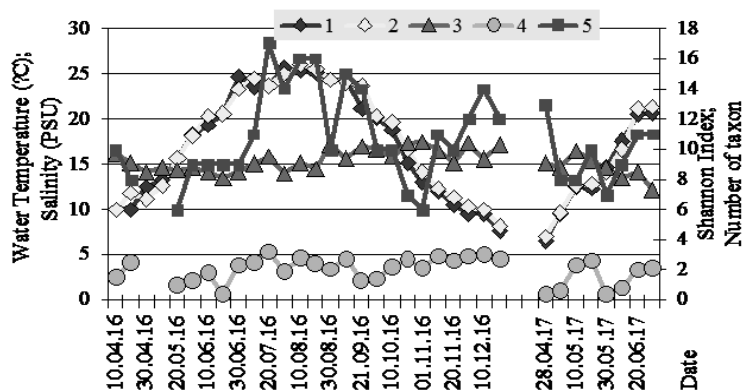
Примечание: * - визуальные наблюдения

Далее до ноября, с похолоданием воды, число таксонов постепенно уменьшалось с последующим незначительным повышением в декабре вследствие развития холодолюбивых организмов зоопланктона и перемещением их в прибрежную зону. Индекс биоразнообразия постепенно увеличивался с апреля до июля. Максимальные значения индекса Н в июле 2016 года в прибрежных водах у острова Змеиный были зафиксированы на всех станциях мониторинга (рис. 2 – 5). В августе значения Н снижались, а в сентябре-октябре изменялись в достаточно широких пределах, обнаруживая тенденцию к постепенному снижению.

В конце осени индекс Н повысился, за счет развития и распространения холодолюбивых видов зоопланктонного сообщества и снижения численности доминантных видов,

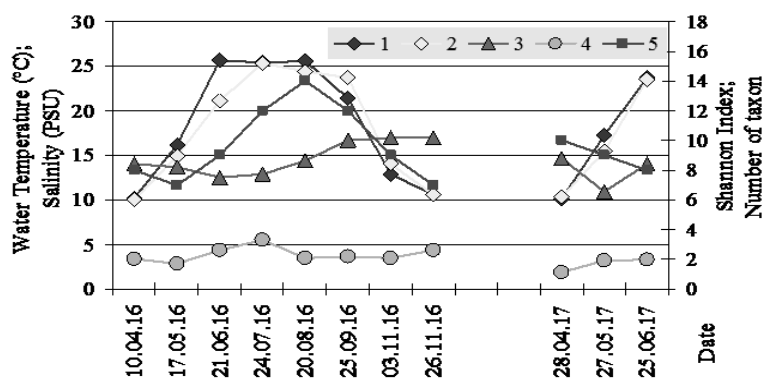
прежде всего *N. scintillans*, и к концу декабря при понижении температуры воды (менее 10°C) – снова снизился. Относительно низкие показатели температуры воздуха и воды в период затяжной холодной весны в 2017 году, по нашему мнению, явились основной причиной смещения на 2-3 недели (по сравнению с предыдущим годом) весеннего развития зоопланктона в прибрежных водах о. Змеиный (рис. 2).

В период исследований в апреле-декабре 2016 г и в апреле – июне 2017 г численность мезозоопланктона в прибрежных водах острова Змеиный изменялась в пределах от 645 (01.11.2016) до 55829 (30.05.2017) экз./м³, биомасса – от 1,385 (30.04.2017) до 2597,248 (30.05.2017) (рис. 6-9), при средних значениях 10129 экз./м³ и 154,82 мг/м³ и 21563 экз./м³ и 466,30 мг/м³ соответственно.



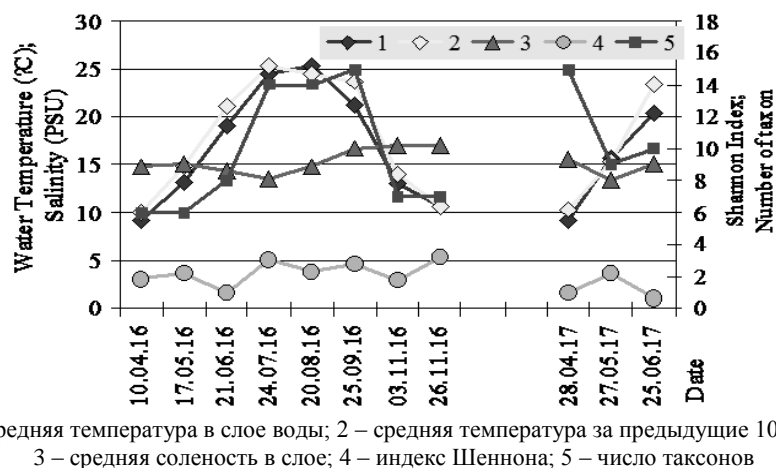
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 2 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станции «ZPR» в 2016-2017 гг.



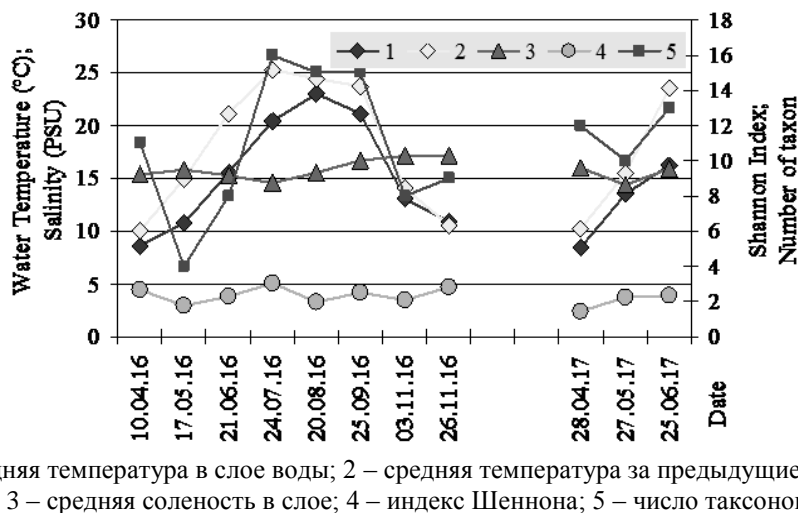
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 3 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~5 м в 2016-2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 4 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~15 м в 2016-2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней; 3 – средняя соленость в слое; 4 – индекс Шеннона; 5 – число таксонов

Рис. 5 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, индексом Шеннона и числом зарегистрированных таксонов на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~25 м в 2016-2017 гг.

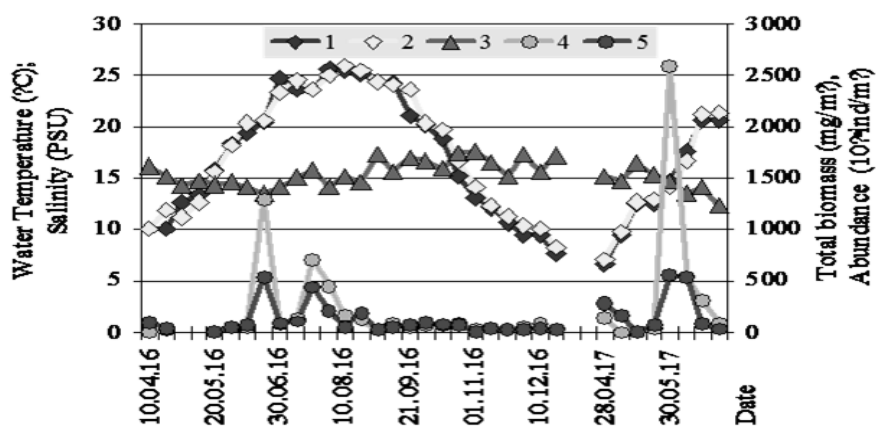
С первой декады апреля по первую декаду июня 2016 года при температуре воды от 10,1 до 19,8°C численность и биомасса мезозoopланктона в районе острова Змеиный была невысокой и не превышала 9527 экз./м³ и 57,87 мг/м³ соответственно.

В середине июня 2016 г при температуре воды 21,4°C наблюдали пик развития мезозoopланктона, количественные показатели которого достигли 53696 экз./м³ и 1294,19 мг/м³ (рис. 6).

Второй, но менее значительный пик наблюдали в 20.07.16 (43706 экз./м³ и 709,02 мг/м³). Температура воды в этот период достигала 23,7°C. При ее повышении до 24–26°C численность и биомасса зоопланктона не превышала 20141 экз./м³ и 443,41

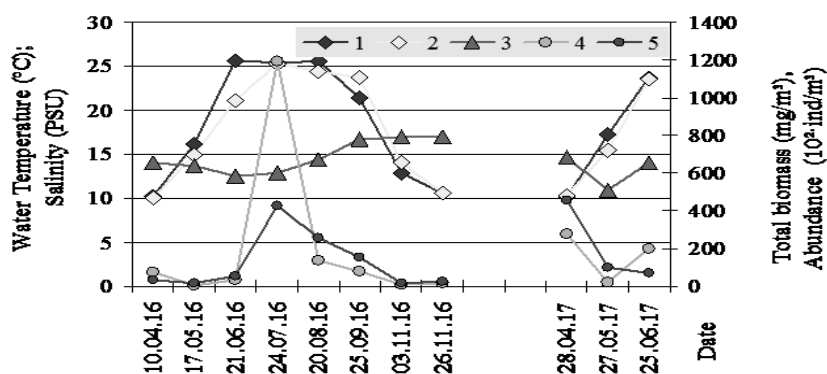
мг/м³). Со второй декады сентября с понижением температуры было отмечено снижение количественных характеристик мезозoopланктона. В декабре 2016 г при температуре воды 6,6–7,7°C численность и биомасса мезозoopланктона была на низком уровне от 1752 до 3464 экз./м³ и от 31,44 до 86,53 мг/м³

В апреле-июне 2017 г количественные показатели мезозoopланктона в среднем были несколько выше, чем в 2016 и составляли от 1291 до 55829 экз./м³ и от 1,39 до 2597,25 мг/м³ соответственно, и были практически соизмеримы с показателями 2003 года, указанными для весенне-летнего периода [9, 10]. Наиболее высокие значения численности и биомассы в 2017 году (55829 экз./м³ и 2597,25 мг/м³) были отмечены



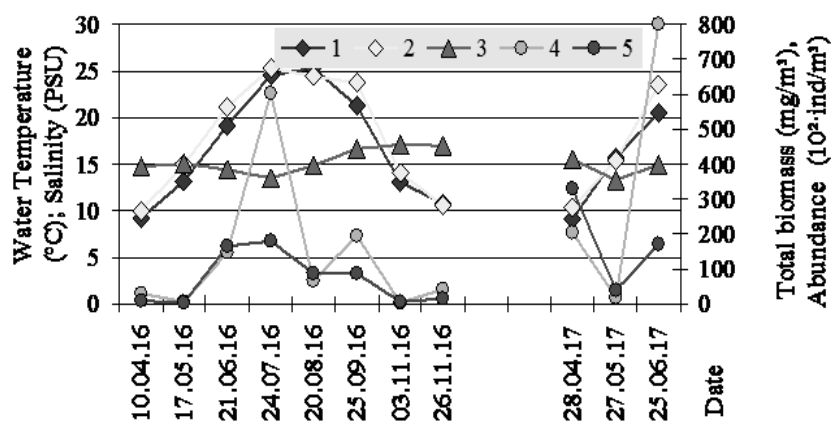
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 6 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станции «ZPR» в 2016–2017 гг.



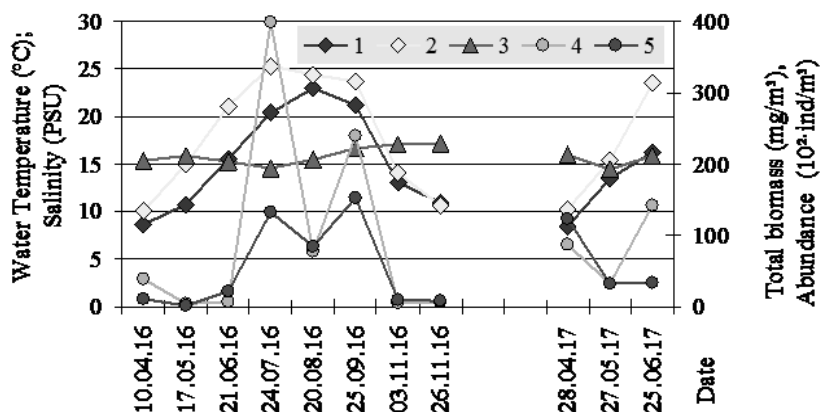
1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 7 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~5 м в 2016 – 2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 8 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~15 м в 2016–2017 гг.



1 – средняя температура в слое воды; 2 – средняя температура за предыдущие 10 дней;
3 – средняя соленость в слое; 4 – биомасса, 5 – численность

Рис. 9 – Результаты наблюдений за средней температурой, соленостью воды, биомассой и численностью мезозoopланктона на станциях разрезов вокруг острова Змеиный с глубинами ~25 м в 2016-2017 гг.

30.05.2017 при температуре воды 18,2°C (рис. 6). Согласно результатам отбора на прибрежных станциях с разными глубинами, наиболее высокие значения численности (от 13258 до 18045 экз./м³) и биомассы (от 398,54 до 1191,15 мг/м³) были отмечены 24.07.2016 (рис. 8 – 9).

В период исследований в прибрежных водах у острова Змеиный были идентифицированы представители 9 групп мезозoopланктона, включая меропланктон: Copepoda (Calanoida и Cyclopoida), Harpacticoida, Cladocera, Mysidae, Chaetognatha, Noctilucales, Rotatoria, Appendicularia и меропланктон объединяющий Cirripedia larvae (including Balanus): nauplius, cypris; Polychaeta larvae: nectochaeta; Bivalvia larvae: veliger; Gastropoda larvae: veliger (рис. 10–13).

Средние значения численности и биомассы Copepoda (Calanoida и Cyclopoida) за

весь период исследований 2016-2017 гг. на станции ZPR и станциях вокруг острова составляли 3981 и 4036 экз./м³ и 33,38 и 34,40 мг/м³ соответственно. Наибольшие количественные показатели этой группы мезозoopланктона отмечены в июле (11853 экз./м³ и 166,66 мг/м³), августе (13098 экз./м³ и 69,69 мг/м³) и сентябре 2016 г. (11216 экз./м³ и 77,24 мг/м³).

Вклад Copepoda в мезозoopланктон существенен и составлял по численности: от 5,8 % (апрель 2017 г) до 62,4% (август 2016) на станции ZPR (рис. 10); от 8,4% (май 2017) до 86,9% (август 2016) на прибрежных станциях мониторинга (рис. 11). Также существенен вклад этой группы и по биомассе: от 0,6% (май 2017) до 83,7% (сентябрь 2016) на станции ZPR (рис. 12); от 5,1% (июнь 2017) до 92,0% (апрель 2016) на прибрежных станциях мониторинга (рис. 13).

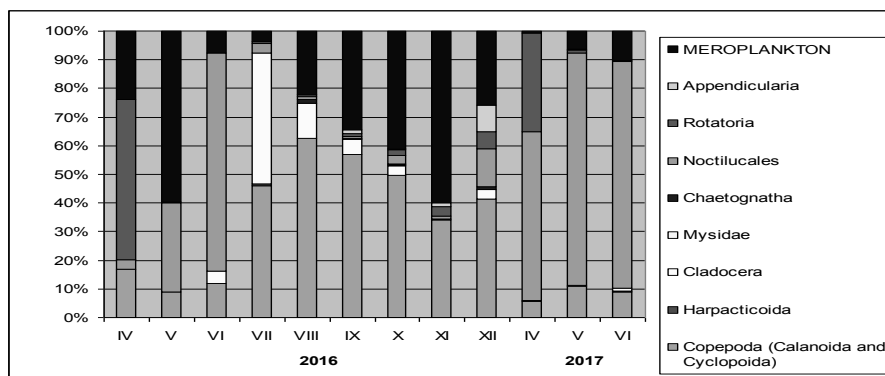


Рис. 10 – Распределение показателей численности по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (станция ZPR) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

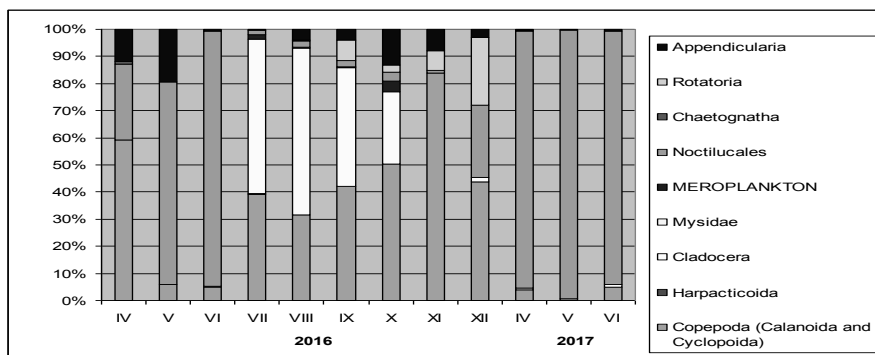


Рис. 11 – Распределение показателей численности по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (прибрежные станции) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

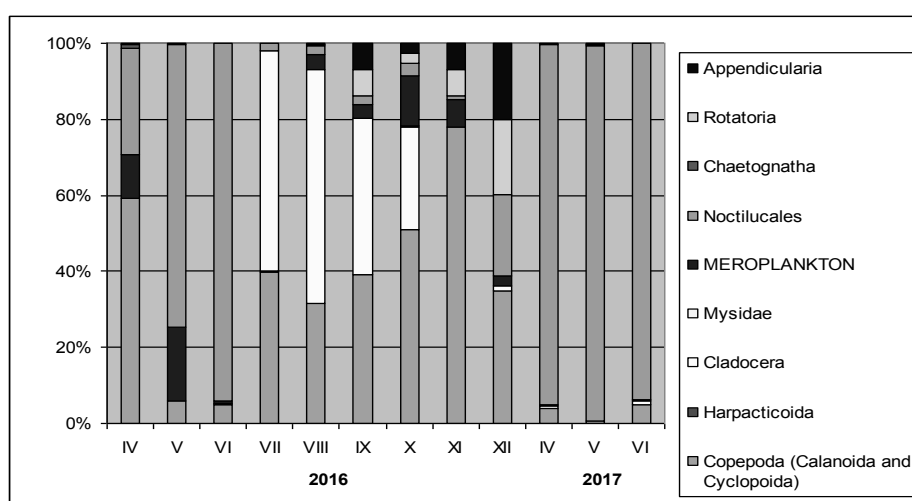


Рис. 12 – Распределение показателей биомассы по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (станция ZPR) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

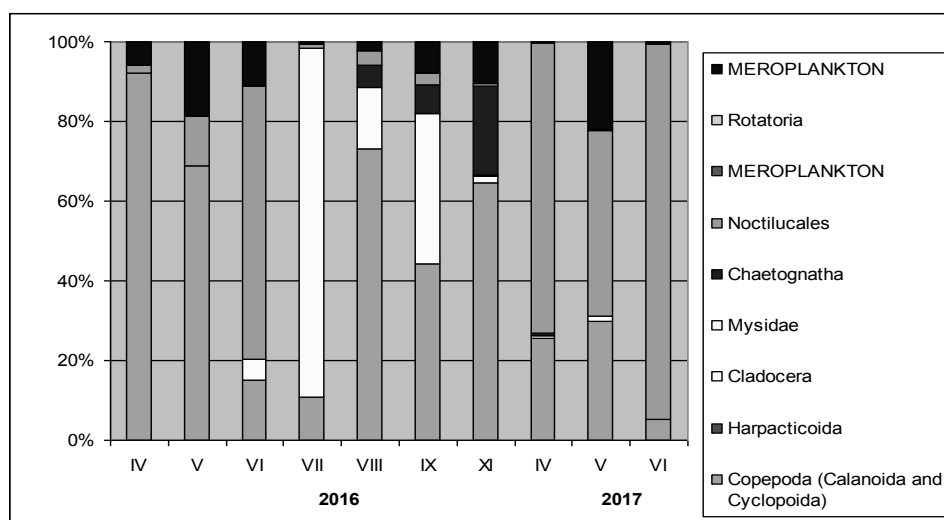


Рис. 13 – Распределение показателей биомассы по основным группам мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный (прибрежные станции) в апреле – декабре 2016 г и апреле – июне 2017 г.

Вклад Cladocera менее существенен по численности – 1461-1965 экз./м³ (0,2-45,7% станции ZPR и 0,2-61,8% прибрежные станции), и по биомассе – 33,65-64,30 мг/м³ (0,02-61,7% станции ZPR и 0,05-87,0% прибрежные станции). Пик развития этой группы отмечен в июле 2016 года – 11749-16780 экз./м³ и 243,01-640,90 мг/м³. Вклад Naupacticoidea был незначителен. При наиболее массовом развитии представителей этой группы в июле 2016 г их вклад составлял всего 0,48% общей численности и 0,36% общей биомассы мезозoopланктона. Также незначителен вклад Mysidae – 0,14% как по численности, так и по биомассе (октябрь 2016). Вклад Chaetognatha составлял 0,03-1,3% по численности и 0,03-6,7% по биомассе.

По результатам исследований доминирующей группой являлись представители Noctilucales (с наиболее массовым видом *N. scintillans*). Средняя численность и биомасса этой группы составляла 3958-6495 экз./м³ и 52,34-161,04 мг/м³ с пиками развития в июне 2016 года (19255 экз./м³ и 451,48 мг/м³), в мае (18433 экз./м³ и 870,54 мг/м³) и июне 2017 года (19114 экз./м³ и 296,49 мг/м³). Доля группы по численности составляла: от 0,9 % (сентябрь 2016 г) до 81,1% (май 2017 г) на станции ZPR и от 0,9% (сентябрь 2016 г) до 81,5% (апрель 2017 г) на прибрежных станциях мониторинга. Также существенен вклад этой группы был и по биомассе: от 1,0% (сентябрь 2016 г) до 98,9% (май 2017) на станции ZPR; от 0,5 % (сентябрь 2016 г) до 94,1% (июнь 2017 г) на прибрежных станциях мониторинга.

По численности существенный вклад в сообщество мезозoopланктона вносит и меропланктон, объединяющий пелагических личинок моллюсков, полихет и др. организмов – 2374-2429 экз./м³, составляя до 59,7 и 59,9% (май и сентябрь 2016 г) в первую очередь за счет пелагических личинок мидий. Биомасса его при высокой численности незначительна 3,03-4,20 мг/м³. Максимальные значения средней величины количественных показателей этой группы были отмечены в мае (5111 экз./м³ и 7,33 мг/м³), в сентябре (5147 экз./м³ и 13,49 мг/м³) и октябре 2016 года (5217 экз./м³ и 11,27 мг/м³), а также в мае 2017 года (5606 экз./м³ и 6,83 мг/м³). Доля меропланктона в общей биомассе мезозoopланктона не превышала 22,1% (рис. 13).

Согласно современным исследованиям [3, 4] качество водной среды черноморского шельфа оценивается как неудовлетворитель-

ное. Для определения качества морских вод по состоянию мезозoopланктона использовались четыре метрики состояния мезозoopланктона:

- биомасса мезозoopланктона (мг/м³); предлагаемые пороговые значения в летний период: прибрежные воды (550-280 мг/м³), шельф (300-130 мг/м³) и открытое море (150-50 мг/м³).

- биомасса копепод (%) – вклад биомассы копепод в общую биомассу мезозoopланктона; пороговое значение – 42%.

- биомасса *Noctiluca scintillans* (%) - вклад биомассы *N. scintillans* в общую биомассу мезозoopланктона; установленный порог для хорошего состояния окружающей среды составляет <30%.

- индекс Шеннона-Уивера; граница для хорошего статуса принята на уровне значения индекса равного 3 и более [3, 4].

Результаты оценки современного качества морской среды по итогам исследования мезозoopланктона прибрежных вод острова Змеиный представлены в таблице 2. Качество среды оценено как плохое по всем трем показателям только в одном случае – на станции постоянного мониторинга ZPR 30.05.2017 при практически абсолютном доминировании *N. scintillans* (табл. 2).

Из 32 и 34 проб, отобранных на станции ZPR и на станциях ежемесячных съемок качество среды по показателю общая биомасса оценено соответственно как Bad в 5 и 10 случаях, Poor – в 17 и 14, Moderate – в 5 и 3, Good – в 2 и 5, High – в 3 и 2. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5.... High=1) по двум рядам наблюдений показала их хорошую сходимость (среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 3,6±0,6, а для всех станций ежемесячных съемок Z среднее значение составило 3,7±0,7. Таким образом, можно сделать вывод о том, что качество морской среды, оцененное по биомассе зоопланктона, находилось в интервале Moderate – Poor.

По показателю биомасса *Noctiluca scintillans* для станции ZPR и станций ежемесячных разрезов Z наиболее часто качество оценено как High в 24 и 28 случаях из 32 и 34 проб соответственно. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5.... High=1) по двум рядам наблюдений показала их хорошую сходимость (среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 1,5±0,1, а для всех стан-

Таблица 2

Качество морских вод по состоянию мезозoopланктона (четыре метрики) прибрежных вод острова Змеинный в 2016-2017 гг

Дата	Шифр пробы	B*, mg·m ⁻³	WQ	Нос*, mg·m ⁻³	WQ	H*, bit·ind ⁻¹	WQ
Станция «ZPR»							
10.04.16	16ZPR-2-0,5	9,774	Bad	1,275	High	1,55	Moderate
22.04.16	16ZPR-17-0,5	29,649	Poor	11,078	High	2,55	Good
20.05.16	16ZPR-48-0,5	4,210	Bad	1,115	High	1,07	Poor
30.05.16	16ZPR-59-0,5	56,805	Poor	55,230	Good	1,31	Poor
10.06.16	16ZPR-71-0,5	57,872	Poor	50,557	Good	1,82	Moderate
20.06.16	16ZPR-82-0,5	1294,187	Bad	1289,023	Poor	0,41	Bad
30.06.16	16ZPR-93-0,5	79,477	Poor	14,870	High	2,31	Moderate
10.07.16	16ZPR-104-0,5	125,066	Poor	21,986	High	2,50	Moderate
20.07.16	16ZPR-115-0,5	709,018	High	0,451	High	3,26	Good
30.07.16	16ZPR-126-0,5	443,405	Good	1,275	High	1,97	Moderate
10.08.16	16ZPR-138-0,5	162,608	Poor	1,115	High	2,84	Good
20.08.16	16ZPR-149-0,5	121,323	Poor	1,487	High	2,42	Moderate
30.08.16	16ZPR-160-0,5	19,720	Bad	4,426	High	2,08	Moderate
10.09.16	16ZPR-172-0,5	84,644	Moderate	0,372	High	2,77	Good
21.09.16	16ZPR-184-0,5	49,161	Poor	1,275	High	1,35	Poor
30.09.16	16ZPR-194-0,5	65,303	Poor	3,525	High	1,47	Poor
10.10.16	16ZPR-205-0,5	59,574	Poor	3,525	High	2,22	Moderate
20.10.16	16ZPR-216-0,5	90,182	Moderate	1,983	High	2,68	Good
01.11.16	16ZPR-229-0,5	20,078	Poor	0,000	High	2,11	Moderate
11.11.16	16ZPR-240-0,5	36,536	Poor	0,952	High	2,91	Good
20.11.16	16ZPR-250-0,5	29,875	Poor	0,000	High	2,60	Good
01.12.16	16ZPR-262-0,5	49,231	Poor	2,266	High	2,91	Good
10.12.16	16ZPR-272-0,5	86,533	Moderate	19,669	High	3,07	Good
22.12.16	16ZPR-286-0,5	31,444	Poor	24,169	High	2,76	Good
28.04.17	17ZPR-1-0,5	146,203	Moderate	140,462	Good	0,45	Bad
30.04.17	17ZPR-4-0,5	1,385	Bad	0,000	High	0,61	Bad
10.05.17	17ZPR-16-0,5	3,511	Bad	0,000	High	2,30	Moderate
20.05.17	17ZPR-28-0,5	35,636	Poor	24,386	High	2,67	Good
30.05.17	17ZPR-40-0,5	2597,248	Bad	2587,232	Bad	0,44	Bad
10.06.17	17ZPR-53-0,5	543,917	Good	526,328	Poor	0,80	Bad
20.06.17	17ZPR-65-0,5	309,009	Moderate	282,243	Moderate	2,00	Moderate
30.06.17	17ZPR-77-0,5	93,481	Poor	80,910	Good	2,13	Moderate
Станции вокруг острова Змеинный с глубинами ~5, ~15 и ~25 м							
10.04.16	Z-1-6	38,345	Poor	1,181	High	2,66	Good
10.04.16	Z-1-4	28,591	Poor	0,516	High	1,82	Moderate
10.04.16	Z-1-2	75,936	Moderate	1,536	High	2,01	Moderate
17.05.16	Z-3-6	4,458	Bad	0,000	High	1,77	Moderate
17.05.16	Z-3-4	4,632	Bad	0,258	High	2,17	Moderate
17.05.16	Z-3-2	4,686	Bad	1,365	High	1,72	Moderate
21.06.16	Z-5-6	7,086	Bad	1,381	High	2,27	Moderate
21.06.16	Z-5-4	147,944	Poor	140,426	Good	1,00	Poor
21.06.16	Z-5-2	33,790	Bad	17,322	High	2,61	Good
21.06.16	Z-5-1	69,528	Poor	40,179	High	2,46	Moderate
24.07.16	Z-3-6	398,540	Good	2,797	High	3,02	Good

Дата	Шифр пробы	B*, mg·m ⁻³	WQ	Нос*, mg·m ⁻³	WQ	H*, bit·ind ⁻¹	WQ
24.07.16	Z-3-4	602,588	High	8,366	High	3,04	Good
24.07.16	Z-3-2	1191,145	Bad	4,779	High	3,29	Good
20.08.16	Z-5-6	77,631	Poor	0,929	High	1,99	Moderate
20.08.16	Z-5-4	66,001	Poor	0,697	High	2,31	Moderate
20.08.16	Z-5-2	135,518	Poor	8,495	High	2,07	Moderate
25.09.16	Z-3-6	239,232	Good	1,398	High	2,48	Moderate
25.09.16	Z-3-4	193,840	Good	14,524	High	2,74	Good
25.09.16	Z-3-2	79,533	Moderate	0,597	High	2,20	Moderate
03.11.16	Z-3-6	5,221	Bad	0,119	High	2,05	Moderate
03.11.16	Z-3-4	2,858	Bad	0,000	High	1,74	Moderate
03.11.16	Z-3-2	7,203	Bad	0,164	High	2,06	Moderate
26.11.16	Z-3-6	6,864	Bad	0,158	High	2,85	Good
26.11.16	Z-3-4	41,389	Poor	0,000	High	3,18	Good
26.11.16	Z-3-2	18,176	Poor	0,000	High	2,60	Good
28.04.17	Z-1-6	86,999	Moderate	49,020	High	1,42	Poor
28.04.17	Z-1-4	204,527	Good	155,210	Good	1,01	Poor
28.04.17	Z-1-2	275,999	Good	209,709	Good	1,13	Poor
27.05.17	Z-3-6	32,264	Poor	6,466	High	2,25	Moderate
27.05.17	Z-3-4	17,071	Poor	15,463	High	2,17	Moderate
27.05.17	Z-3-2	22,775	Poor	21,169	High	1,92	Moderate
25.06.17	Z-3-6	142,267	Poor	99,171	Good	2,36	Moderate
25.06.17	Z-3-4	800,377	High	793,147	Poor	0,58	Bad
25.06.17	Z-3-2	199,146	Poor	183,165	Good	1,95	Moderate

Примечание: **B** – общая биомасса, **Нос** – биомасса *Noctiluca scintillans*, **H** – Индекс Шеннона.

ций ежемесячных съемок Z – 1,2±0,1. В среднем качество морской среды, оцененное по этому индикатору, соответствовало интервалу Good – High.

Оценка качества морских вод по индексу Шеннона зоопланктона на станции ZPR показала, что из 32 проб в 5 пробах была оценка Bad, в 4 – Poor, в 12 – Moderate, в 11 – Good, а в 34 пробах отобранных в период выполнения ежемесячных съемок в 1 – Bad, в 4 – Poor, в 20 – Moderate и в 9 – Good. При этом оценки качества High не было зафиксировано. Количественная оценка среднего показателя качества морской среды (Bad=5... High=1) по двум рядам наблюдений показало, что среднее значение для станции ZPR показателя качества составляло 3,1±0,3, а для всех станций ежемесячных съемок Z среднее значение составило 2,9±0,4 что соответствует среднему качеству Moderate.

Анализ исторических данных о мезозоопланктоне в районе острова Змеиный показал, следующее: в 1997-1999 гг. его видовой состав насчитывал 31 таксон [1] при высоком содержании личинок донных беспозвоночных и рыб (до 89,5% общей численности мезозоопланктона). В 2003 году [9, 10] таксономический состав мезозоопланктона при-

брежных вод острова насчитывал более 66 таксонов (виды, варианты и более крупные подразделения). При этом наибольшим числом были представлены Protozoa и Rotatoria (по 16 таксонов), Copepoda (14 таксонов), Cladocera (10 таксонов). Далее следовали Hydrozoa (5 таксонов), Stenophora (3 таксона), Chordata (2 таксона). Планктонные формы каспийской фауны были представлены 1 видом *Podonevadne (Evadne) trigona*. Структура сообщества включала представителей генетически разнородных групп: морских, солоноватоводных и пресноводных. Ядро мезозоопланктона в основном составляли: *Noctiluca scintillans*, *Acartia* gen.spp, *Pseudocalanus elongatus*, *Pleurobrachia rhodopis*, *Oicopleura dioica*, *Sagitta setosa*, меропланктон был представлен *larvae* Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Balanus [9, 10].

Результаты исследований 2016 –2017 гг. свидетельствуют, что в настоящее время мезозоопланктон прибрежных вод о. Змеиный характеризуется видовым составом, который по числу таксонов существенно ниже, чем регистрировалось в 2003 г [9,10] и практически совпадает с результатами разовых экспедиций 1997-1999 гг. [1].

Выводы

В период с апреля по декабрь 2016 г и с апреля по июнь 2017 г. в прибрежных водах острова Змеиный было обнаружено 32 таксона мезозoopланктона. В весенние периоды 2016 и 2017 гг. в пробах было обнаружено 15 и 23 таксона, а , летом и осенью 2016 г по 25 таксонов, летом 2017 г – 23 таксона соответственно. Число таксонов в пробах изменялось от 6 до 17 при среднем значении 11 в IV-XII 2016 г и 9 – в IV-VI 2017. Значение индекса Шеннона (H) мезозoopланктона изменялось в пределах от 0,41 до 3,29, при средних значениях в 2016 г и 2017 г - 2,32 и 1,64 соответственно. При этом с повышением температуры воды с конца апреля по август количество таксонов зоопланктона увеличивалось за счет развития всех теплолюбивых групп зоопланктона. С похолоданием воды число таксонов постепенно уменьшалось до ноября месяца с последующим незначительным повышением в декабре при развитии холодолюбивых организмов зоопланктона и перемещением их в прибрежную зону.

В период исследований в апреле-декабре 2016 г и в апреле-июне 2017 г численность мезозoopланктона в прибрежных водах острова Змеиный изменялась в пределах от 645 до 55829 экз./м³, а биомасса – от 1,385 до 2597,248 мг/м³, при средних значениях 10129 экз./м³ и 154,82 мг/м³ и 21563 экз./м³ и 466,30 мг/м³ соответственно. В середине июня 2016 при температуре воды 21,4°C наблюдали пик развития мезозoopланктона. Второй, но менее значительный пик наблюдали во второй декаде июля 2016 при температуре воды – 23,7°C. При ее повышении до 24-26°C численность и биомасса зоопланктона снизилась. Со второй декады сентября с понижением температуры было отмечено снижение количественных характеристик мезозoopланктона до конца года.

В период исследований в прибрежных водах у острова Змеиный были идентифицированы представители 9 групп мезозoopланктона: Copepoda (Calanoida and Cyclopoida), Harpacticoida, Cladocera, Mysidae,

Chaetognatha, Noctilucales, Rotatoria, Appendicularia и меропланктон объединяющий Cirripedia larvae (including Balanus): nauplius, cypris; Polychaeta larvae: nectochaeta; Bivalvia larvae: veliger; Gastropoda larvae: veliger.

Вклад Copepoda в мезозoopланктон наиболее существенен и составлял по численности от 5,8% до 86,9%, по биомассе – от 0,6% до 92,0%. Доля группы Noctilucales (с наиболее массовым видом – *N. scintillans*) по численности составляла от 0,9% до 81,5%, по биомассе – от 1,0% до 98,9%. По численности существенный вклад в сообщество мезозoopланктона вносит и меропланктон, составляя до 59,7 и 59,9%. Доля меропланктона в общей биомассе мезозoopланктона не превышала 22,1%. Доля других групп мезозoopланктона в общей численности и биомассе была незначительна.

Качество воды в прибрежных водах у острова Змеиный по численности мезозoopланктона соответствовало «Bad» в 18 случаях из 68 (26,4% случаев) и в общем оценено как «Poor». По показателю общая масса мезозoopланктона качество воды оценено преимущественно как «Poor» и «Bad» (68,2%). «Good» (10,6%) и «High» (9,1%) качество отмечено в 19,7% случаях.

Результаты исследований 2016-2017 гг. показали существенное снижение количества видов мезозoopланктона прибрежных вод о. Змеиный в сравнении с результатами исследований 2003 г.

Настоящее исследование выполнено в рамках научного проекта «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии», который в 2017-2019 гг. финансируется Министерством образования и науки Украины с использованием результатов полевых исследований, которые проводились при финансовой поддержке международного (EU-UNDP) проекта EMBLAS – II (Улучшение мониторинга природной среды Черного моря).

Литература

1. Зайцев, Ю., Александров, Б., Миничева, Г. и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с.
2. Kovalova, N. et al. Investigations of Interconnections of Physical-Chemical and Phytoplankton Characteristics in the North-Western Part of the Black Sea (Zmiyni Island Area). *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2015. Том 20, N 4. С. 35-46.

3. Moncheva, S., Boicenco, L. (Eds). State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise. MISIS Joint Cruise Scientific Report, 2014. 401 pp.
4. Stefanova, K., Stefanova, E., Doncheva, V. A classification system for evaluation of ecological status of coastal marine waters in respect of zooplankton biological element of quality. Proceeding of “Seminar of ecology – 2015 with international participation”, 2016. P. 231-240.
5. Александров, Б. Влияние Дуная на формирование мезозoopланктона Черного моря . Экосистема взморья украинской дельты Дуная, 1998. С. 245-261.
6. Black Sea Biological Diversity (Compiled by Yu.P. Zaitsev and B.G. Aleksandrov). United Nations Publications, 1998. 251 p.
7. Грузов, Л., Люмкис, П., Нападовский, Г. Исследования пространственно-временной структуры планктонных полей северной половины Черного моря в 1992-1993 гг. Исследование экосистемы Черного моря. Ред. В.И. Мединец, 1994. С. 94-113.
8. Konsulov, A. (Ed) Black Sea Biological Diversity: Bulgaria, 1998. – 131 p.
9. Мединец В.І. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. Одес. Нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, Астропринт, 2008. XII. 228 с.
10. Полищук, Л. Состояние zooplanktona района о. Змеиный и приустьевого района Дуная в 2003 г. *Вісник ОНУ*. 2005. Том 10. Вип. 4. С. 174-184.
11. Инструкция по сбору и обработке планктона. Москва: ВНИРО, 1971. С. 8.
12. Киселев, И. Методы исследования планктона. *Жизнь пресных вод СССР*, 1956. Т. 4, вып. 1. С. 183-265.
13. Aleksandrov, B., Arashkevich, E., Gubanova, A., Korshenko, A. Black Sea monitoring guidelines: mesozooplankton. Publ. EMBLAS Project, BSC, 2014. 31 pp.
14. Определитель фауны Черного и Азовского морей / ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовский. Киев: Наукова думка, 1968. Т.1. 437 с.
15. Определитель фауны Черного и Азовского морей / ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовский. Киев: Наукова думка, 1969. Т.2. 536 с.

References

1. Zaitsev, Yu., Aleksandrov, B., Minicheva, G. (2006). Severo-zapadnayoі chasti Chernogo morya: biologiya i ekologiya. [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 701. [In Russian].
2. Kovalova N., Medinets V., Derezyuk N., Medinets S., Morozov V., Kovalova Ye. (2015). Investigations of Interconnections of Physical-Chemical and Phytoplankton Characteristics in the North-Western Part of the Black Sea (Zmiinyi Island Area). *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, 20(4). 35–46. [In English].
3. Moncheva, S., Boicenco, L. (2014). State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise. *MISIS Joint Cruise Scientific Report*, 401. [In English].
4. Stefanova, K., Stefanova, E., Doncheva, V. (2016). A classification system for evaluation of ecological status of coastal marine waters in respect of zooplankton biological element of quality. *Proceeding of “Seminar of ecology – 2015 with international participation”*. 231–240. [In English].
5. Aleksandrov, B. (1998). Vliyaniye Dunaya na formirovaniye mezozooplanktona Chernogo morya [Influence of the Danube on the formation of the mesozooplankton of the Black Sea]. *Ekosistema vzmoriya ukrayinskoj delti Dunaya*, 245–261. [In Russian].
6. Zaitsev, Yu.P. , Aleksandrov, B.G. (1998). Black Sea Biological Diversity. United Nations Publications, 251 [In English].
7. Gruzov, L., Lyumkis, P., Napadovskyij, G. (1994). Issledovaniya prostranstvenno-vremennoj strukturi planktonnih polej severnoj polovins Chernogo morya v 1992–1993 gg. [Studies of the spatial and temporal structure of plankton fields in the northern half of the Black Sea in 1992–1993]. *Issledovanie ekosystemi Chernogo morya*. 94-113. [In Russian].
8. Konsulov, A. (1998). Black Sea Biological Diversity: Bulgaria, 131.
9. Medinets, V. I. (2008). Ostriv Zmiyniy: ekosistema priberezhnih vod: monografiya [Zmiiny Island: Coastal Water Ecosystem: Monograph]. Odes. Nac. un-t im. I.I. Mechnikova, Astroprint, XII. 228. [In Ukrainian].
10. Polishuk, L. (2005). Sostoyanie zooplanktona rajona o. Zmiinyi i priustievogo raiona Dunaya v 2003 g. [Status of zooplankton in the region of Zmiiny Island and mouth area of the Danube in 2003]. *Visnik ONU*, 10(4). 174-184. [In Russian].
11. Instrukciya po sboru i obrabotke planktona.(1971). [Instructions for the collection and processing of plankton]. Moskva: VNIRO, 8. [In Russian].
12. Kiselev, I. (1956). Metodi issledovaniya planktona [Plankton research methods]. *Zhizn presnih vod SSSR*, 4(1). 183-265. [In Russian].
13. Aleksandrov, B., Arashkevich, E., Gubanova, A., Korshenko, A. (2014). Black Sea monitoring guidelines: mesozooplankton. Publ. EMBLAS Project, BSC. 31. [In English].
14. Morduxaj-Boltovskiy F.D. (1968). Opredelyitel fauni Chernogo i Azovskogo morej [Determinant of the fauna of the Black and Azov seas]. Kyiev: Naukova dumka, 1. 437. [In Russian].
15. Morduxaj-Boltovskiy F.D. (1969). Opredelyitel fauni Chernogo i Azovskogo morej / red. F.D. Morduxaj-Boltovskiy [Determinant of the fauna of the Black and Azov seas]. Kyiev: Naukova dumka, 2. 536. [In Russian].

Надійшла до редколегії 24.04.2019