

Научная статья

УДК 574.583(261.24)

DOI 10.46845/1997-3071-2025-76-25-37

Распределение летнего зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря в 2018 и 2022 гг. в разных слоях воды

Юлия Юрьевна Полунина¹, Анна Юрьевна Шартон²

^{1,2} Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

¹ jul_polunina@mail.ru

² annasharton@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы данные по видовому составу, встречаемости и распределению летнего зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря по данным 2018 и 2022 гг. Зоопланктон в период исследований был представлен 29 видами и таксонами более высокого порядка: Rotifera – 5, Copepoda – 11, Diplostraca – 9, Scyphozoa – 2, Ctenophora – 1, Appendicularia – 1. В меропланктоне отмечены личинки Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia и яйца рыб. Основу сообщества по биомассе составляли планктонные ракообразные, преимущественно каляниды. Выявлены межгодовые отличия показателей общей биомассы зоопланктона: диапазон значений в 2018 г. изменялся в пределах 324–3217 мг/м³, в 2022 г. – в пределах 91–1600 мг/м³, при этом пространственное распределение биомассы в эти годы имело значительное сходство. С помощью инструментов интерполяции приложения ArcMap программной среды ArcGIS были построены карты непрерывного распределения биомассы зоопланктона по данным тотального лова (2018 г. и 2022 г.) и по слоям (2022 г.): поверхностный (до глубин 30 м), промежуточный (от 30 до 50 м) и глубинный (от 50 м до дна) слои. Скопления биомассы отмечены в прибрежной зоне до глубин 50 м в районе окончания северного побережья Самбийского полуострова и вдоль Куршской косы, а также ближе к склону Готландской впадины в оба года. Анализ распределения общей биомассы зоопланктона в слоях воды выявил разные участки его скопления, и эти отличия во многом обусловлены составом доминирующих видов и термохалинными условиями в каждом конкретном слое.

Ключевые слова: зоопланктон, распределение биомассы, слои воды, Юго-Восточная Балтика.

Финансирование: работа выполнена в рамках госзадания ИОРАН по теме FMWE-2024-0025.

Для цитирования: Полунина Ю. Ю., Шартон А. Ю. Распределение летнего зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря в 2018 и 2022 гг. в разных слоях воды // Известия КГТУ. 2025. № 76. С. 25–37. DOI 10.46845/1997-3071-2025-76-25-37.

Original article

Distribution of summer zooplankton in the south-eastern Baltic Sea in 2018 and 2022 years in different water layers

Yuliya Yu. Polunina¹, Anna Yu. Sharton²

^{1,2} Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹ jul_polunina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8157-9522>

² annasharton@yandex.ru

Abstract. The data on the species composition, occurrence, and distribution of summer zooplankton in the south-eastern part of the Baltic Sea for 2018 and 2022 have been analyzed. During the research period, the zooplankton was represented by 29 species and taxa of higher order: Rotifera – 5, Copepoda – 11, Diplostraca – 9, Scyphozoa – 2, Ctenophora – 1, Appendicularia – 1. Among the meroplankton, larvae of Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia, and fish eggs have been noted. The community's biomass was mainly composed of planktonic crustaceans, predominantly calanids. Inter-annual differences in the overall biomass of zooplankton indicators have been identified: the value range in 2018 varied within 324-3217 mg/m³, and in 2022 – 91-1600 mg/m³. Despite this, the spatial distribution of biomass in both years showed significant similarity. Using interpolation tools in ArcMap software environment ArcGIS, maps of continuous biomass distribution of zooplankton have been constructed based on total catches (2018 and 2022) and by layers (2022): surface layer (up to depths of 30 m), intermediate layer (from 30 to 50 m), and deep layer (from 50 m to the bottom). Biomass concentrations were noted in the coastal zone down to the depths of 50 m near the end of the northern coast of the Sambian Peninsula and along the Curonian Spit, as well as closer to the slope of the Gotland Basin in both years. The analysis of the distribution of total zooplankton biomass in water layers revealed different accumulation areas, and these differences are largely due to the composition of dominant species and thermohaline conditions in each specific layer.

Keywords: zooplankton, biomass distribution, water layers, south-eastern Baltic Sea.

Funding: the work has been done within the state assignment of IORAS under topic FMWE-2024-0025.

For citation: Polunina Yu. Yu., Sharton A. Yu. Distribution of summer zooplankton in the south-eastern Baltic Sea in 2018 and 2022 years in different water layers. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(76):25–37. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-76-25-37.

ВВЕДЕНИЕ

Экосистема Балтийского моря подвержена значительным вариациям природных и антропогенных условий. Внутриконтинентальное расположение моря, слабый водообмен с Атлантическим океаном, большая водосборная площадь, пониженная соленость воды, высокая антропогенная нагрузка, в т. ч. регулируемое

рыболовство – это факторы, влияющие на состав, структуру и распределение биологических сообществ.

Зоопланктон Балтийского моря характеризуется значительной пространственной изменчивостью, во многом обусловленной вариациями термохалинных условий в разные сезоны года и в разных районах моря. Наличие перманентного пикноклина в Балтике препятствует перемешиванию поверхностного слоя вод с глубинными водами, что способствует вертикальной изменчивости абиотических факторов [1] и формирует специфические условия обитания для отдельных видов и групп зоопланктона в разных слоях воды. Горизонтальное и вертикальное распределение зоопланктона существенно варьирует в зависимости от района моря и сезона года [2, 3]. Помимо гидрологических условий, которые регулируются климатическими факторами и соотношением поступления пресных и морских вод, на межгодовую динамику зоопланктона существенно влияют пищевые сети – структурные показатели и распределение фитопланктона, пресс личинок рыб и рыб-планктофагов.

Распределение зоопланктона, его скопление в определенных горизонтах или районах моря могут оказывать влияние на развитие ихтиоценоза и особенно личиночных стадий рыб. В юго-восточной части Балтийского моря (ЮВБ) важнейшее промысловое значение имеют треска *Gadus morhua*, балтийская сельдь (салака) *Clupea harengus membras*, шпрот (балтийская килька) *Sprattus sprattus*, кумжа *Salmo trutta*, лосось (семга) *Salmo salar*, речная камбала *Platichthys flesus*, камбала тюрбо *Scophthalmus maximus* [4]. Мальки всех видов рыб потребляют зоопланктон, а салака и шпрот являются рыбами-планктофагами. В этом контексте важно построение карт непрерывного распределения зоопланктона с четкой привязкой к географическим координатам на исследуемой акватории, в т. ч. в разные годы и в разных гидрологических слоях. Некоторые сведения о распределении зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря представлены в работах [5, 6, 7, 8], однако для нас важно оценить распределение зоопланктона в разных слоях воды, отличающихся определенными термохалинными условиями, влияющими на состав и структуру зоопланктона. Полученные карты распределения также могут быть полезны для учета возможностей нагула молоди разных видов рыб, предпочитающих поверхностные или глубинные воды.

Цель работы – выявить особенности распределения летнего зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в 2018 и 2022 гг. в разных слоях воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили данные по зоопланктону, отобранные в экспедициях института океанологии им. П. П. Ширшова РАН на НИС «Академик Борис Петров» (43-й рейс, 27–30.07.2018 г., и 49-й рейс, 1–23.06.2022 г.) в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) Российской Федерации ЮВБ (рис. 1).

Пробы зоопланктона отбирали сетью WP-2 (Ø = 56 см, ячей 100 мкм). Проводили тотальные ловы от дна до поверхности, облавливали разные слои с замыкателем – верхний квазиоднородный слой (ВКС), промежуточный слой (от верхней границы галоклина до верхней границы термоклина), слой ниже начала галоклина (от дна до верхней границы галоклина). Выбор горизонтов отбора проб зоопланктона проводили по результатам вертикального CTD-зондирования (зонд

Idronaut OS316 Plus) различных гидрологических параметров и для оперативного получения положения термо- и галоклина на каждой станции.

Пробы фиксировали формалином до конечной концентрации 4 %. Камеральную и статистическую обработку проб проводили по общепринятым методикам [9], биомассу рассчитывали по зависимости массы от длины тела организмов [10, 11]. Систематика приведена в соответствии с таксономическими базами WoRMS [12] и ITIS [13].

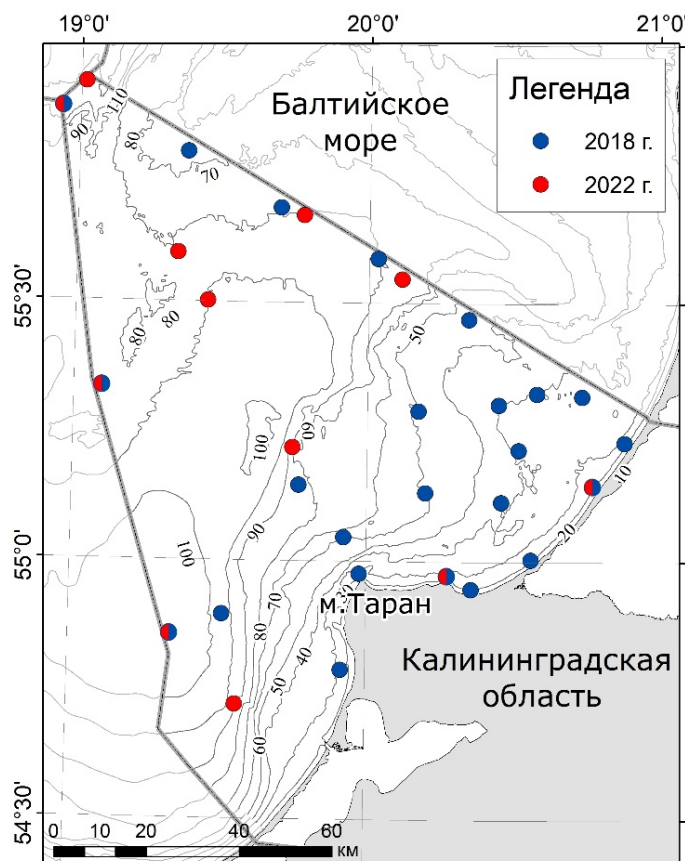


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря

Fig.1. Scheme of the location of zooplankton sampling stations in the south-eastern part of the Baltic Sea

Распределение зоопланктона было визуализировано с помощью приложения ArcMap программной среды ArcGIS, которое позволяет применить детерминированные и геостатистические методы интерполяции данных. Геостатистические методы подразумевают предварительную статистическую обработку данных, в то время как детерминированные используют математические функции и допускают меньшее количество точек выборки [14]. Ввиду небольшого числа станций были использованы детерминированные инструменты интерполяции, не требующие предварительной статистической обработки данных [15]. Полученные при помощи различных методов пространственные модели сравнивались между собой путем сопоставления интерполированных значений с реальными данными в элиминированной опорной точке. В качестве наиболее подходящего инструмента

был выбран «Сплайн с барьерами» модуля Spatial Analyst [16]. Карты распределения зоопланктона 2018 и 2022 гг. построены по данным тотальных ловов (от дна до поверхности), охватывающих весь столб воды на каждой станции. Карты распределения зоопланктона по данным 2022 г. построены по слоям: 1) поверхностный слой (до глубин 30 м, включая прибрежные районы); 2) промежуточный слой (термоклин), охватывающий толщу воды от 30 до 50 м; 3) глубинный – слой ниже начала галоклина (от 50 м до дна).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Летний зоопланктон (голопланктон) ЮВБ по данным двух лет был представлен 29 видами и таксонами более высокого порядка: Rotifera – 5, Copepoda – 11, Diplostraca – 9, Scyphozoa – 2, Ctenophora – 1, Appendicularia – 1. В меропланктоне отмечены личинки бентосных организмов Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia, а также яйца рыб (табл. 1). Большинство видов зоопланктона – широко распространенные в бореальных водах морские и пресноводные эвригалинные виды. Отмечены четыре вида-вселенца – две понто-каспийские кладоцеры *Cercorepaga pengoi*, *Evadne anonyx* и два вида из атлантического побережья Америки – калянида *Acartia tonsa*, гребневик *Mnemiopsis leidyi*.

Состав зоопланктона прибрежной и открытой частей моря отличался. В прибрежной зоне более разнообразны коловратки, встречались некоторые пресноводные кладоцеры и циклопы, которые попадают в море с выносом пресных вод из рек и/или заливов, наблюдалось большое разнообразие меропланктона. Среди коловраток преобладали виды рода *Synchaeta* spp., в прибрежной зоне – *Keratella quadrata*. В открытой части моря встречались планктонные оболочники *Fritillaria borealis* и сцифоидные медузы *Aurelia aurita* и *Cyanea* sp. В глубоководных районах массово развивался вид *Pseudocalanus acuspes* (который ранее определяли как *P. elongatus* (Boeck, 1865)), предпочитающий воды с пониженной температурой и повышенной соленостью.

Таблица 1. Список видов летнего зоопланктона в юго-восточной части Балтийского моря по данным двух лет

Table 1. List of summer zooplankton species in the south-eastern Baltic Sea based on two years of data

№ пп	Группы, виды / годы	2018	2022
	Тип Rotifera		
1	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850		+
2	<i>Synchaeta</i> spp.	+	+
3	<i>Synchaeta monopus</i> Plate, 1889	+	+
4	<i>Keratella quadrata</i> (O.F. Muller, 1786)	+	+
5	<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)		+
	Тип Arthropoda		
	Подтип Crustacea		
	Класс Branchiopoda		
	Подкласс Phyllopoda		
	Надотряд Diplostraca		

6	<i>Eubosmina maritima</i> (P.E. Müller, 1867)	+	+
7	<i>Evadne nordmanni</i> Lovén, 1836	+	+
8	<i>Evadne anonyx</i> G.O. Sars, 1897	+	
9	<i>Pleopsis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	+	+
10	<i>Podon intermedius</i> Lilljeborg, 1853	+	+
11	<i>Cercopagis pengoi</i> (Ostroumov, 1989)	+	+
12	<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Mueller, 1785)		+
13	<i>Daphnia galaeata</i> Sars, 1864		+
	класс Copepoda		
	Отряд Calanoida		
14	<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+
15	<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	+	+
16	<i>Acartia bifilosa</i> (Giesbrecht, 1881)	+	+
17	<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+
18	<i>Temora longicornis</i> (Müller O.F., 1785)	+	+
19	<i>Pseudocalanus acuspes</i> (Giesbrecht, 1881)	+	+
20	<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe, 1880)	+	+
	Отряд Cyclopoida		
21	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866		+
22	<i>Mesocyclops leuckarti leuckarti</i> (Claus, 1857)		+
23	<i>Cryptocyclops bicolor</i> (Sars G.O., 1863)		+
24	Отряд Harpacticoidae	+	+
25	Отряд Mysida	+	+
	Тип Chordata		
	Класс Appendicularia		
26	<i>Fritillaria borealis</i> Lohmann, 1896	+	+
	Тип Cnidaria		
	Класс Scyphozoa		
27	<i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758) эфиры		+
28	<i>Cyanea</i> sp. эфиры		+
	Тип Ctenophora		
	Класс Tentaculata		
29	<i>Mnemiopsis leidyi</i> A. Agassiz, 1865		+
	Меропланктон		
1	Polychaeta larvae	+	+
2	Bivalvia larvae	+	+
3	Gastropoda larvae	+	+
4	Cirripedia naupii	+	+
5	Pisces eggs	+	+
	Всего (голопланктона / весь зоопланктон)	19/24	28/33

В открытой части моря массово развивались копеподы *Acartia longiremis*, *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus acuspes*, в прибрежной зоне – *Temora longicornis*, *Acartia bifilosa*, *Acartia tonsa*. Среди ветвистоусых ракообразных были многочисленны *Bosmina maritima*, *Evadne nordmanni*. В целом основу сообщества по биомассе составляли планктонные ракообразные, при этом в поверхностном слое на отдельных станциях была высока доля ветвистоусых ракообразных, но в основном в столбе воды доминировали веслоногие ракообразные (табл. 2).

Таблица 2. Доля планктонных ракообразных в общей биомассе зоопланктона (%) в юго-восточной части Балтийского моря

Table 2. Share of planktonic crustaceans in the total zooplankton biomass (%) in the south-eastern Baltic Sea

Год	2018		2022	
Слои воды, м	0–20	0–дно	0–30	0–дно
Copepoda	22–95	77–99	8–95	43–97
Cladocera	1–77	1–11	4–60	0,3–33

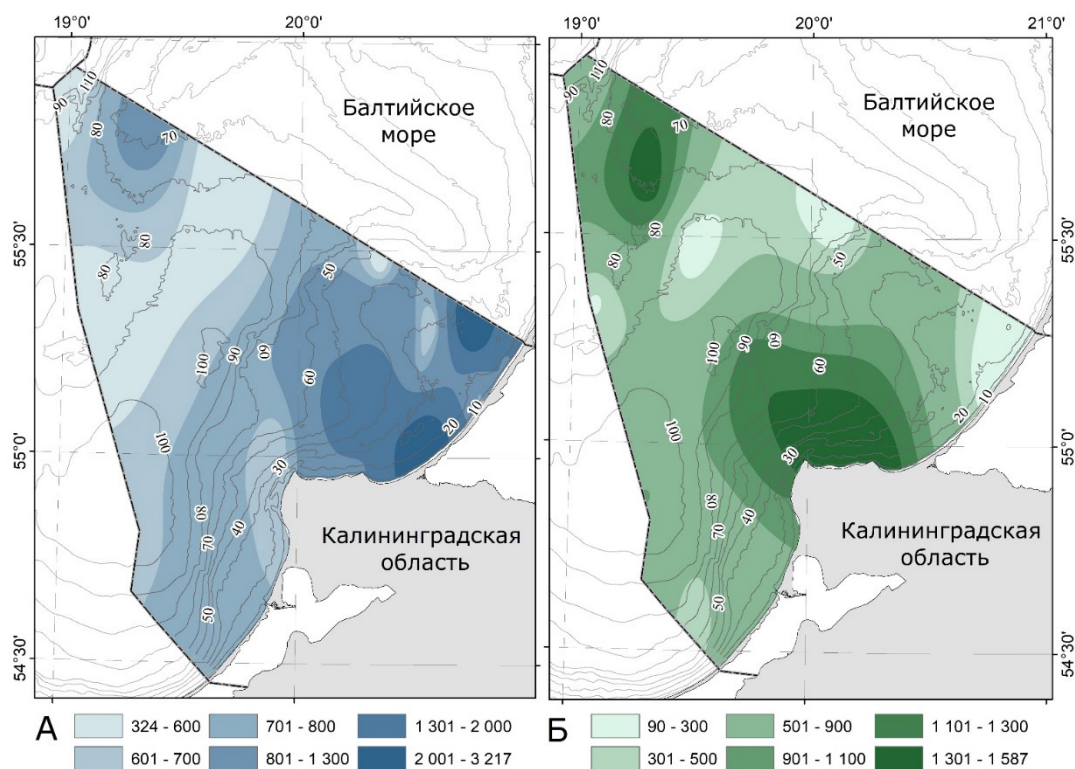


Рис. 2. Распределение летнего зоопланктона в столбе воды (биомасса, mg/m^3) в Юго-Восточной Балтике в 2018 (А) и 2022 (Б) годах

Fig. 2. Distribution of summer zooplankton biomass in the water column (mg/m^3) in the south-eastern Baltic Sea in 2018 (A) and 2022 (B)

Поскольку более стабильным показателем является биомасса зоопланктона, были построены карты распределения биомассы. Выявлены существенные изменения диапазонов биомассы зоопланктона летом 2018 и 2022 гг. (рис. 2). Вариации биомассы зоопланктона в 2018 г. находились в пределах 324–3217 мг/м³. Наибольшее обилие зоопланктона отмечено в районе окончания северного побережья Самбийского полуострова и вдоль Куршской косы, а также ближе к Готландской впадине у российско-литовской границы, где показатели превышали 1000 мг/м³ (рис. 2А). Летом 2022 г. биомасса зоопланктона была ниже, чем в 2018 г., и изменялась в пределах 91–1600 мг/м³. В этот период максимальная биомасса зоопланктона отмечена в прибрежной зоне северной части Самбийского полуострова и ближе к склону Готландской впадины (рис. 2Б)

Более высокие значения биомассы зоопланктона в 2018 г. можно объяснить разницей температур воды в исследуемый период: летом 2018 г. температура воды в поверхностном слое варьировала в пределах 20–23 °С, а в 2022 г. – в пределах 11–16 °С. Однако анализ пространственного распределения общей биомассы в толще воды выявил сходные районы скопления зоопланктона в эти годы, что могло быть обусловлено схожей гидродинамикой вод, а в прибрежном районе ЮВБ – скоплением фитопланктона, основного пищевого ресурса зоопланктона. Есть мнение, что особенности батиметрии вдоль Самбийского полуострова и кос, а именно большая площадь малых глубин (до 40 м) северо-восточнее полуострова, способствуют формированию более благоприятных гидрологических и гидрохимических условий для массового развития фитопланктона (и хлорофилла *a*) относительно других районов [8, 17]. Более высокие показатели фитопланктона, наряду с гидрологическими особенностями, могут способствовать количественному развитию зоопланктона в этом районе. Для выявления типичного распределения зоопланктона в акватории ЮВБ необходим анализ многолетних данных.

В предыдущих исследованиях зоопланктона ЮВБ показано, что летом вертикальное распределение зоопланктона характеризуется повышенными значениями биомассы в верхнем квазиоднородном слое [7]. Выявлены некоторые особенности горизонтального распределения отдельных групп и видов зоопланктона в разных слоях воды, что обусловлено преимущественным развитием отдельных видов или возрастных стадий в более прогретом поверхностном слое, в промежуточном холодном слое или в слое галоклина и ниже с повышенной соленостью вод [7, 8, 18].

По данным 2022 г. нами впервые построены карты распределения общей биомассы зоопланктона в разных слоях воды в ЮВБ и выявлены особенности распределения биомассы в каждом слое (рис. 3). В поверхностном слое диапазон температуры и солености воды составил 11–16 °С и 7,7–7,5 PSU соответственно, при этом биомасса зоопланктона варьировала от 91 до 2370 мг/м³ и картина распределения была частично схожа с таковой в столбе воды (рис. 2Б, рис. 3А), где скопление зоопланктона отмечено в районе м. Таран. В поверхностном слое пре-

обладали относительно мелкоразмерные коловратки, кладоцеры и науплии морских желудей, а также каляниды *Acartia* spp., *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, представленные примерно в равных долях (табл. 3). В промежуточном слое (термоклин) термохалинные условия изменялись в пределах 4,5–9,8 °C и 7,5–7,8 PSU, при этом биомасса зоопланктона была распределена более равномерно, диапазон значений составил 300–1000 мг/м³ с максимальным обилием от северного побережья Самбийского полуострова до российско-литовской границы (рис. 2Б). В промежуточном слое доля коловраток и особенно кладоцер резко сократилась, основными доминирующими видами стали *Temora longicornis* и *Pseudocalanus acuspes* (30 и 35 % от общей биомассы соответственно) (табл. 3). В слое ниже начала галоклина до дна вариации температуры и солености составили 5–7 °C и 7,8–12,1 PSU, биомасса зоопланктона варьировала существенно – от 121 до 3170 мг/м³. При этом максимум биомассы отмечен у склона Готландской впадины за счет развития там относительно крупной каляниды *Pseudocalanus acuspes*, которая составила до 50 % общей биомассы зоопланктона (табл. 3).

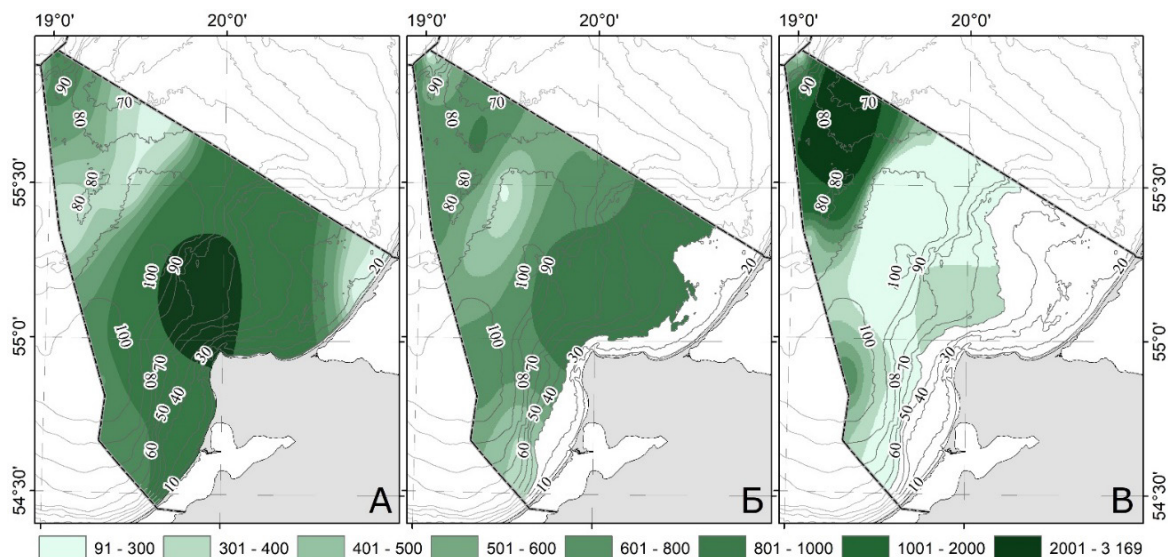


Рис. 3. Распределение зоопланктона (биомасса, мг/м³) в разных слоях воды Юго-Восточной Балтики летом 2022 г. (А – поверхностный слой, Б – промежуточный слой, В – слой ниже начала галоклина до дна)

Fig. 3. Distribution of zooplankton (biomass, mg/m³) in different layers of water in the south-eastern part of the Baltic Sea in summer 2022 (A – surface layer, B – intermediate layer, C – layer below the beginning of the halocline to the bottom)

Таблица 3. Массовые виды зоопланктона (доля % от общей биомассы) в разных гидрологических слоях ЮВБ, 2022 г.

Table 3. Mass species of zooplankton (share % of total biomass) in different hydrological layers SEB, 2022

Виды / Слои воды	ВКС	промежуточный	глубинный
<i>Synchaeta</i> sp.	14	5	1
<i>Evadne nordmanni</i>	14	2	0
<i>Podon intermedius</i>	6	0	0
<i>Pleopsis polyphemoides</i>	4	0	0
<i>Acartia</i> spp.	13	10	4
<i>Centropages hamatus</i>	13	14	8
<i>Temora longicornis</i>	15	30	17
<i>Pseudocalanus acuspes</i>	1	35	50
Cirripedia, nauplii	8	0	0

Отличия показателей биомассы и ее распределения в каждом слое воды могут зависеть от структуры зоопланктона, особенностей термохалинных условий, направления потока воды и количества пищевых ресурсов в каждом конкретном слое вод.

ВЫВОДЫ

1. Летний зоопланктон в период исследования был представлен 29 видами и таксонами более высокого порядка, также временными компонентами зоопланктона были личинки Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Cirripedia и яйца рыб. Основная доля в биомассе принадлежала планктонным ракообразным, преимущественно калянидам, однако в поверхностном слое на некоторых станциях была высока доля ветвистоусых ракообразных за счет развития двух видов – *Evadne nordmanni* и *Bosmina maritima*.

2. Выявлены межгодовые отличия показателей общей биомассы зоопланктона, при этом пространственное распределение биомассы в оба года имело значительное сходство. Скопления биомассы отмечены в прибрежной зоне до глубин 50 м от окончания северной части Самбийского полуострова вдоль Куршской косы и ближе к склону Готландской впадины в оба года. Для выявления типичного распределения летнего зоопланктона в районе исследования необходимы среднеемноголетние значения.

3. Анализ распределения общей биомассы зоопланктона в слоях воды выявил разные участки его скопления в ЮВБ. Эти отличия во многом обусловлены составом доминирующих видов, сформированным в определенных термохалинных условиях в каждом конкретном слое.

Список источников

1. Mohrholz V., Naumann M., Nausch G., Krüger S., Gräwe U. Fresh oxygen for the Baltic Sea – an exceptional saline inflow after a decade of stagnation // J. of Marine Systems. 2015. V. 148. P. 152–166.

2. Schulz J. et al. Spatial and temporal habitat partitioning by zooplankton in the Bornholm Basin (central Baltic Sea) // *Prog. Oceanogr.* 2012. N 107. P. 3–30.
3. Wasmund N., Dutz J., Pollehne F., Siegel H., Zettler M. Biological Assessment of the Baltic Sea 2015 // *Meereswiss. Ber., Warnemünde.* 2016. V. 102. P. 97.
4. Гуцин А. В., Федоров В. Е. Современное состояние промысловой ихтиофауны южной части Балтийского моря как следствие антропогенного воздействия // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. Научно-теоретический журнал.* СПб, РГГМУ, 2017. № 49. С. 134–144.
5. Щука Т. А. Зоопланктон. Биологические сообщества // *Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. II: Море / Под ред. Сивкова В. В. и др.* Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 389–407.
6. Полунина Ю. Ю., Родионова Н. В. Характеристика зоопланктонного сообщества // *Система Балтийского моря. М.: Научный мир, 2017. С. 258–291.*
7. Полунина Ю. Ю., Кречик В. А., Пака В. Т. Пространственная изменчивость зоопланктона и гидрологических показателей вод в южной и центральной части Балтийского моря в позднелетний сезон 2016 г. // *Океанология.* 2021. Т. 61. №. 6. С. 958–968, <https://doi.org/10.31857/S0030157421060113>.
8. Александров С. В., Гусев А. А., Семенова А. С. Планктонные и бентосные сообщества юго-восточной части Балтийского моря в летний период 2018–2019 гг. // *Океанологические исследования.* 2023. Т. 51. № 1. С. 91–113. DOI 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(1).5.
9. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Салазкина А. А., Ивановой М. Б., Огородниковой В. А. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
10. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment // *The Baltic marine biologists. Publication. Working Group 14. Hernroth L. (ed.).* 1985. N 10. 26 p.
11. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Функционирование планктонных сообществ пипелагиали океана. М: Наука, 1987. 240 с.
12. World Register of Marine Species. URL: <https://www.marinespecies.org/> (дата обращения: 20.10.2024).
13. Integrated Taxonomic Information System. URL: <https://itis.gov/> (дата обращения: 20.10.2024).
14. Eldrandaly K. A., Abu-Zaid M. S. Comparison of six GIS-based spatial interpolation methods for estimating air temperature in Western Saudi Arabia // *Journal of Environmental Informatics.* 2011. V. 18. N 1. P. 60–67.
15. Цифровые геоэкологические карты и некоторые приемы их построения в среде ГИС ArcGIS / С. В. Лебедев, Е. М. Нестеров, М. А. Кулькова, Л. М. Зарина // *ИнтерКарто. ИнтерГИС.* 2015. № 21. С. 540–547.
16. Справочная документация ArcMap. Сплайн с барьерами. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/spline-with-barriers.htm> (дата обращения: 20.10.2024).
17. Influence of circulation processes on cyanobacteria bloom and phytoplankton succession in the Baltic Sea coastal area / E. A. Kudryavtseva et al. // *Ecologica Montenegrina.* 2023. V. 70. P. 164–182. DOI 10.37828/em.2023.70.1.

18. Полунина Ю. Ю., Ланге Е. К., Кречик В. А. Структура и распределение осеннего зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря в 2015 г. // *Океанология*, 2019. Т. 59. № 1. С. 72–81.

References

1. Mohrholz V., Naumann M., Nausch G., Krüger S., Gräwe U. Fresh oxygen for the Baltic Sea – an exceptional saline inflow after a decade of stagnation. *J. of Marine Systems*. 2015. V. 148. P. 152–166.
2. Schulz J. et al. Spatial and temporal habitat partitioning by zooplankton in the Bornholm Basin (central Baltic Sea). *Prog. Oceanogr.* 2012. N 107. P. 3–30.
3. Wasmund N., Dutz J., Pollehne F., Siegel H., Zettler M. Biological Assessment of the Baltic Sea 2015. *Meereswiss. Ber., Warnemünde*. 2016. V. 102. P. 97.
4. Gushchin A. V., Fedorov V. E. Sovremennoe sostoyanie promyshlennoy ikhtiofauny yuzhnoy chasti Baltiyskogo morya kak sledstvie antropogennogo vozdeystviya [Current state of commercial ichthyofauna of the southern part of the Baltic Sea as an anthropogenic impact of Greece]. *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. Nauchno-teoreticheskiy zhurnal*. SPb., RGGGMU, 2017, no. 49, pp. 134–144.
5. Shchuka T. A. Zooplankton. Biologicheskie soobshchestva [Zooplankton. Biological communities]. *Neft' i okruzhayushchaya sreda Kaliningradskoy oblasti* [Oil and the environment of the Kaliningrad region]. Vol. II: More / Pod red. Sivkov V. V. i dr. Kaliningrad, Terra Baltica Publ., 2012, pp. 389–407.
6. Polunina Yu. Yu., Rodionova N. V. Kharakteristika zooplanktonnogo soobshchestva [Characteristics of the zooplankton community]. *Sistema Baltiyskogo morya* [Baltic Sea System]. Moscow, Nauchnyy Mir Publ., 2017, pp. 258–291.
7. Polunina Yu. Yu., Krechik V. A., Paka V. T. Prostranstvennaya izmenchivost' zooplanktona i gidrologicheskikh pokazateley vod v yuzhnoy i tsentral'noy chasti Baltiyskogo morya v pozdneletniy sezon 2016 g. [Spatial variability of zooplankton and hydrological parameters of waters in the Southern and Central Baltic Sea in the late summer season of 2016]. *Okeanologiya*, 2021, vol. 61, no. 6, pp. 958–968, <https://doi.org/10.31857/S0030157421060113>.
8. Aleksandrov S. V., Gusev A. A., Semenova A. S. Planktonnye i bentosnye soobshchestva yugo-vostochnoy chasti Baltiyskogo morya v letniy period 2018–2019 gg. [Plankton and benthic communities of the south-eastern Baltic Sea in the summer period of 2018–2019]. *Okeanologicheskie issledovaniya*, 2023, vol. 51, no. 1, pp. 91–113. DOI 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(1).5.
9. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnykh vodoemakh [Methodological recommendations for the collection and processing of materials during hydrobiological research in fresh water bodies]. *Zooplankton i ego produktsiya*. Pod red. Salazkina A. A., Ivanovoy M. B., Ogorodnikovoy V. A. GosNIORCH, 1984, 33 p.
10. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment. *The Baltic marine biologists*. Publication. Working Group 14. Hernroth L. (ed.). 1985. N 10. 26 p.

11. Vinogradov M. E., Shushkina E. A. *Funktsionirovanie planktonnykh soobshchestv pipelagiali okeana* [Functioning of plankton communities in the ocean pipelagic zone]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 240 p.
12. World Register of Marine Species. Available at: <https://www.marinespecies.org/> (accessed 20 October 2024).
13. Integrated Taxonomic Information System. Available at: <https://itis.gov/> (accessed 20 October 2024).
14. Eldrandaly K. A., Abu-Zaid M. S. Comparison of six GIS-based spatial interpolation methods for estimating air temperature in Western Saudi Arabia. *Journal of Environmental Informatics*. 2011. V. 18. N 1. P. 60–67.
15. Lebedev S. V., Nesterov E. M., Kul'kova M. A., Zarina L. M. Tsifrovye geoekologicheskie karty i nekotorye priemy ikh postroeniya v srede GIS ArcGIS. *InterKarto. InterGIS*, 2015, vol. 21, pp. 540–547.
16. Spravochnaya dokumentatsiya ArcMap. Splayn s bar'erami. Available at: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/spline-with-barriers.htm> (accessed 20 October 2024).
17. Kudryavtseva E. A. et al. Influence of circulation processes on cyanobacteria bloom and phytoplankton succession in the Baltic Sea coastal area. *Ecologica Montenegro*. 2023. V.70. P. 164–182. DOI 10.37828/em.2023.70.1.
18. Polunina Yu. Yu., Lange E. K., Krechik V. A. Struktura i raspredelenie osennego zooplanktona yugo-vostochnoy chasti Baltiyskogo morya v 2015 g. [Structure and distribution of autumn zooplankton in the south-eastern Baltic Sea in 2015]. *Okeanologiya*, 2019, no. 1, pp. 72–81.

Информация об авторах

Ю. Ю. Полунина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории морской экологии

А. Ю. Шартон – младший научный сотрудник лаборатории морской экологии

Information about the authors

Yu. Yu. Polunina – PhD in Biology, Senior Researcher, Marine Ecology Laboratory

A. Yu. Sharton – Scientific Researcher, Marine Ecology Laboratory

Статья поступила в редакцию 01.11.2024; одобрена после рецензирования 11.11.2024; принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 01.11.2024; approved after reviewing 11.11.2024; accepted for publication 13.12.2024.