

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 2015 г.

© 2019 г. Ю. Ю. Полунина, Е. К. Ланге, В. А. Кречик

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия
e-mail: jul_polunina@mail.ru

Поступила в редакцию 23.01.2017 г.

После доработки 14.10.2017 г.

Выявлены особенности структуры и распределения осеннего планктона юго-восточной части Балтийского моря в октябре 2015 г. с учетом гидрологических и гидрохимических данных. Не отмечено изменений таксономического состава фито- и зоопланктона, в том числе увеличения числа стенотермных и стеногалинных видов, а также существенных отличий гидрологического режима от многолетних аналогичных данных. Это указывало на отсутствие влияния зимнего большого залива в декабре 2014 г. на планктон ЮВБ осенью следующего года. Уровень вегетации фитопланктона в верхнем однородном слое (125 ± 39 тыс. кл./л, 664 ± 143 мг/м³) был выше средне-многолетних значений. Количественные показатели осеннего зоопланктона (5.1–16.8 тыс. экз./м³ и 49–143 мг/м³) находились в пределах характерных величин для этого сезона в ЮВБ. Особенности пространственного распределения зоопланктона обусловлены трофическими ресурсами и термохалинной структурой водной толщи.

Ключевые слова: Юго-Восточная Балтика, структура фито- и зоопланктона, распределение, влияние залива

DOI: https://doi.org/10.31857/S_0030-15745972-81

ВВЕДЕНИЕ

Особенности гидрологического режима внутриматерикового Балтийского моря: существование значительного поверхностного стока, возникновение прибрежных апвеллингов и периодических затоков североморских вод во многом определяют состав, структуру и пространственное распределение планктонных сообществ [4, 5]. Под влиянием материкового стока увеличивается разнообразие видов планктона в эстуарных зонах, а при адвекции североморских вод в открытой части Балтики появляются холодноводные стеногалинные виды планктона [4, 27]. Для Балтики характерны изменение положения пикноклина и термоклина в течение года и вертикальная стратификация водной толщи. Изменение термохалинных условий в столбе воды приводит к гетерогенности вертикального распределения показателей планктона, в том числе зоопланктона.

Сведения о видовом составе, структуре и динамике зоопланктона Южной и Юго-Восточной части Балтийского моря (ЮВБ) представлены в работах [1, 7, 10, 11, 15, 16, 18, 20, 22, 26, 28], а особенности вертикально-

го распределения зоопланктона разных районов Балтики – в публикациях [2, 12, 20, 21, 24, 25]. Данные о вертикальном распределении зоопланктона в ЮВБ в основном затрагивают прибрежную зону до глубин 40 м, за исключением одной станции [20], а в глубоководной части ЮВБ, в том числе в российской исключительной экономической зоне (ИЭЗ), вертикальное распределение зоопланктона мало изучено.

В результате крупнейшего большого залива североморских вод в Балтийское море, произошедшего в декабре 2014 г., часть высокосоленых, обогащенных кислородом вод проникла в Гданьскую впадину ЮВБ, что привело к изменениям термохалинной структуры водной толщи и распределению биогенных веществ и, как следствие, перестройке в сообществах гидробионтов в Гданьском бассейне. Повлияло ли это явление на осенний зоопланктон ЮВБ?

Цель работы – выявить особенности структуры и пространственного распределения зоопланктона с учетом гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей в ЮВБ осенью 2015 г.

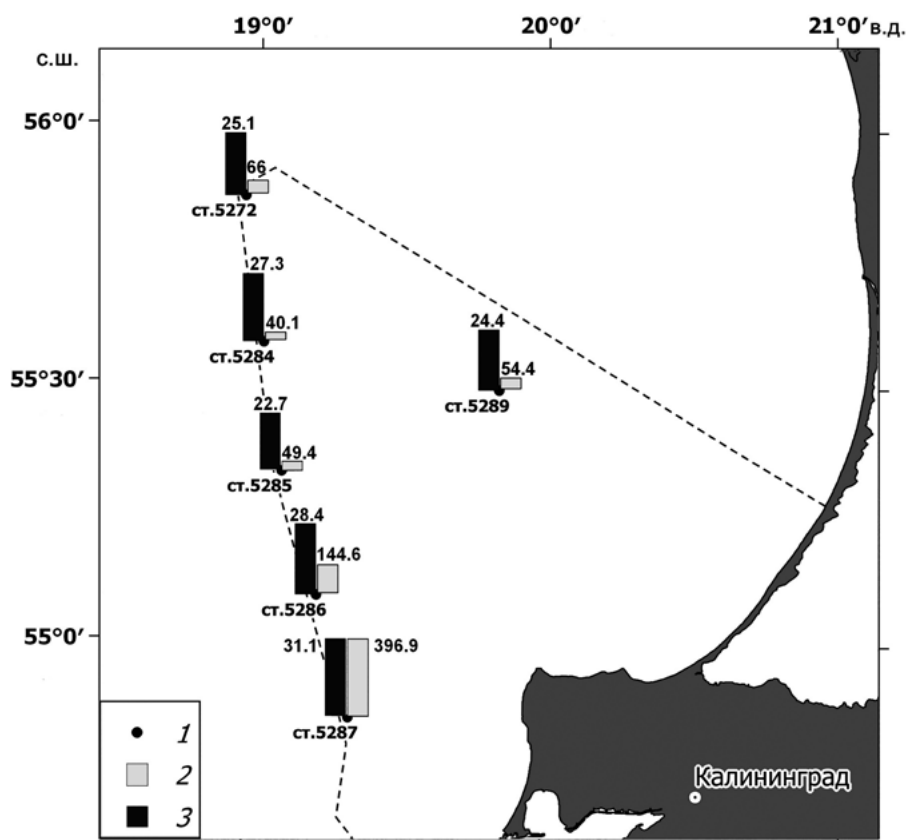


Рис. 1. Схема станций и горизонтальное распределение планктона в верхнем однородном слое юго-восточной части Балтийского моря, октябрь 2015 г.
1 - станции; 2 - фитопланктон (численность, тыс. кл./л); 3 - зоопланктон (численность, тыс. экз./м³).

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования охватывал российскую ИЭЗ в ЮВБ (рис. 1). Материал отобран 26-31 октября 2015 г. в 64-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Гданьском и Готландском бассейнах на глубинах 75-103 м.

Данные о горизонтальном и вертикальном распределении основных гидрологических показателей (температура, соленость, кислород) на станциях были получены зондом STD 90M (Sea&Sun Technology, Германия). Для оценки гидрологической ситуации в толще воды натурные данные с 6 станций были осреднены методом послойной медианной фильтрации, суть которого состоит в вычислении медианного значения для слоя произвольной толщины (в данном случае — 1 м) [6]. В результате были получены средние для акватории профили вертикального распределения основных гидрологических параметров.

Для оценки приуроченности планктона к разным слоям водной толщи выбраны горизонты

пробоотбора по результатам зондирования гидрофизическим зондом после определения положения термоклина и галоклина. Пробы отбирали в дневное время.

Пробы воды на содержание биогенных элементов (формы фосфора, кремний) объемом 0.5 л отобраны с разных горизонтов (поверхность, термоклин, галоклин, дно) батометрами системы Нискина. Определение содержания форм фосфора проводили методом, основанным на образовании комплекса фосфорно-молибденовой гетерополикислоты, в который входит трехвалентная сурьма, и его последующем восстановлении в сильнокислой среде аскорбиновой кислотой до молибденовой сини по классическому фотоколориметрическому методу Морфи-Райли. Оптическую плотность окрашенного соединения измеряли на механическом фотоколориметре КФК 2-УХЛ 4 при длине волны 750 нм. В качестве эталона сравнения была использована дистиллированная вода, обработанная аналогично. Определение растворенного кремния проводили по методу Королева, основанному на коллометрировании

голубого кремнемолибденового комплекса. Колориметрирование производилось на КФК 2-УХЛ 4 при длине волны 750 нм в кюветках длиной 3 см.

Пробы фитопланктона объемом 1 л отбирали батометром Нискина в поверхностном слое (до 1.0 м) и у верхней границы термоклина (~35 м). Консервировали раствором Люголя с добавлением уксусной кислоты и формалина. Ступенчатое проведение проб проводилось методом седиментации до конечного объема 5 мл. При подсчете в световом микроскопе Ergaval использовалась камера Нажотта (0.02 мл) при увеличении 256х и 640х. Объем водорослей вычисляли методом геометрического подобия, общую биомассу фитопланктона рассчитывали по суммарному объему счетных единиц водорослей, принимая, что 10^9 мкм³ соответствует 1 мг сырой биомассы [17]. К доминирующим относили виды и группы водорослей, составляющие более 10% от общей численности и/или биомассы фитопланктона.

Зоопланктон (=мезозоопланктон) отбирали количественной планктонной сетью WP-2 (диаметр входного отверстия 56 см, ячейка 100 мкм) по горизонтам. Облавливался весь столб воды от поверхности до дна (тотальный лов), а также слои воды – от сезонного термоклина до поверхности (верхний однородный слой) и от галоклина до поверхности. Пробы фиксировали формалином до конечной концентрации 4%. Камеральную и статистическую обработку проб проводили по общепринятым методикам [14], расчет биомасс – по зависимости массы от длины тела организмов [3, 23]. При статистической обработке данных использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Стратификация водной толщи в исследуемом районе ЮВБ в конце октября 2015 г. имела характерную для сезона двухслойную структуру (рис. 2). Глубина распространения верхнего однородного слоя, сформированного под действием конвективных процессов, составляла 33–38 м. В указанном слое температура воды находилась в пределах 11.6–11.8°C, соленость – 7.3–7.5 единиц практической солености (PSU). Слой хорошо аэрирован по всей толще, содержание кислорода достигало 7.0–7.1 мл/л.

Глубже располагался термоклин мощностью 10–13 м. На глубине около 65 м обнаружено ядро холодного промежуточного слоя (ХПС) с температурой воды 5–5.5°C. Под ХПС залегал главный термоклин, характеризующийся уве-

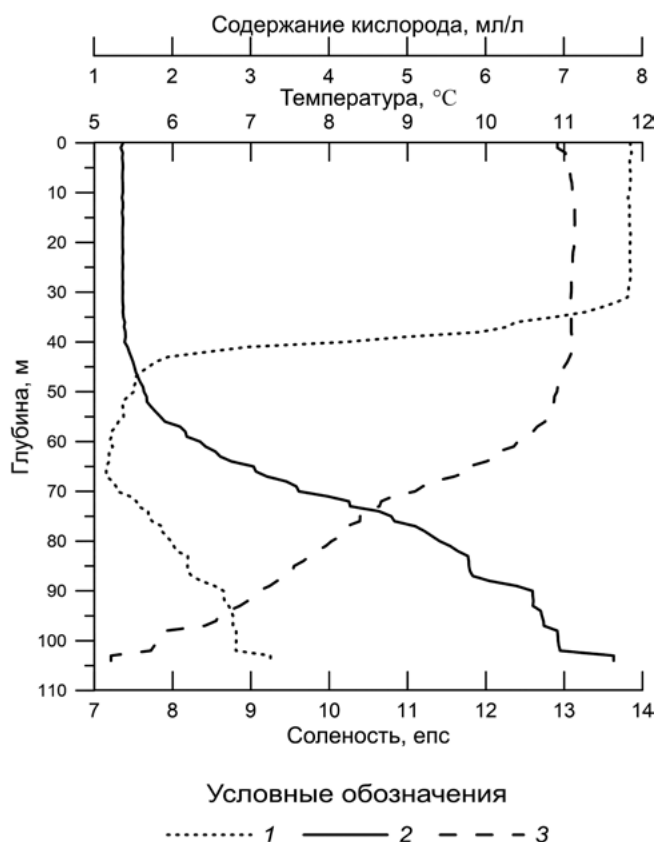


Рис. 2. Осредненные профили вертикального распределения некоторых гидрофизических показателей юго-восточной части Балтийского моря, октябрь 2015 г. 1 – температура (°C), 2 – соленость (единиц практической солености, епс – PSU), 3 – кислород (мл/л).

личением значений температуры до 6.5–7.0°C в придонном слое (от 90 м до дна).

Галоклин находился на глубинах 55–80 м, где значения солености увеличивались от 7.8 до 12.7 PSU. Ядро галоклина с градиентами 0.3–0.5 PSU/м залегало на 73–74 м. Соленость в придонном слое составляла около 13.0 PSU.

В столбе воды параллельно с увеличением солености происходило снижение концентрации растворенного кислорода: на глубине до 50–60 м – около 7 мл/л, на 90 и 100 м – 2.5 и 1.2 мл/л соответственно (рис. 2).

Некоторые абиотические факторы водной среды района исследования представлены в табл. 1.

Зоопланктон открытой части ЮВБ в конце октября был представлен 17 видами и таксономическими группами более высокого ранга: коловратками – *Brachionus angularis angularis* (Gosse, 1851), *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Synchaeta monopus* Plate, 1889; *Synchaeta* sp. (Plate, 1889); ветвистосами ракообразными – *Bosmina (Eubosmina) coregoni maritima* (Müller, 1867), *Evadne nordmanni* (Lovén, 1836), *Podon intermedius* (Lilljeborg, 1853),

Таблица 1. Некоторые гидрологические и гидрохимические параметры водной толщи юго-восточной части Балтийского моря, октябрь 2015 г. (поверхностный слой/придонный слой)

Станция / Параметр	5287	5286	5285	5284	5272	5289
Соленость, рsu	7.4/13.6	7.7/ 12.7	7.4/12.0	7.7/12.4	7.3/11.8	7.4/12.5
Т воды, °С	11.7/7.3	11.8/6.8	11.7/6.4	11.7/6.4	12.2/ 6.1	11.9/6.6
Кислород, мл/л	10.7/1.6	10.1/4.0	9.7/5.4	10.1/5.3	9.7/3.4	10.1/5.0
Фосфор общ., мкг/л	25.1/257.6	24.2/111.6	30.7/96.4	18.9/171.7	5.0/72.2	-
Фосфор минерал., мкг/л	14.0/230.6	10.8/89.3	10.9/60.1	4.03/143.8	3.4/61.7	-
Кремний, мкг/л	768/4600	762/3500	620/2435	553/3495	863/2595	-

Pleopsis polyphemoides (Leuckar, 1859); веслоноги ракообразными – *Acartia bifilosa* (Giesbrecht, 1881), *A. longiremis* (Lilljeborg, 1853), *A. tonsa* (Dana, 1849), *Centropages hamatus* (Lilljeborg, 1853), *Temora longicornis* (Müller, 1785), *Pseudocalanus elongatus* (Boeck, 1865), *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880), *Oithona similis* (Claus, 1866); оболочниками – *Fritillaria borealis* (Lohmann, 1896). В меропланктоне отмечены личинки моллюсков (*Bivalvia*, *Gastropoda*) и червей *Polychaeta*.

Число видов зоопланктона на разных участках исследуемой акватории изменялось от 12 до 17. Наиболее разнообразна была группа веслоногих ракообразных (6-8 видов на станции). Все отмеченные виды клadoцер присутствовали на всех станциях, за исключением 5285 и 5284, где отсутствовал *P. polyphemoides*. Вид, маркер североморских вод, *O. similis* обнаружен только на двух станциях – 5287 и 5286, где отмечены максимальные величины солености в придонном слое (табл. 1).

Наиболее разнообразно было сообщество зоопланктона (16-17 видов) на станциях 5287, 5286, 5289, расположенных ближе к берегу.

Доминирующий комплекс видов по численности во всех слоях был схожим и представлен науплиальными (40-60%) и копепоditными стадиями младших возрастов (I-III) калянид (27-41%), которые составляли в совокупности 82-87% всей численности зоопланктона. В поверхностных водах в доминантный комплекс

входили старшие копепоditные стадии (IV-V) *T. longicornis* (5%), а во всей толще воды – старшие копепоditные стадии *P. elongatus* (4.5%).

Доминанты по биомассе были разнообразнее и отличались в разных слоях воды. В верхнем однородном слое и в слое от поверхности до галоклина половину сообщества составляли мелкоразмерные особи – науплии, копепоditы младших возрастов калянид и клadoцеры. В верхнем слое доминировали также копепоditы старших возрастов *T. longicornis* (27.1%), *C. hamatus* и видов рода *Acartia* (по ~5%). В водной толще до галоклина доминировали старшие копепоditы *T. longicornis* (15.7%), *P. elongatus* и взрослые особи *A. longiremis* (7%). В столбе воды, включая слой ниже галоклина, доля мелкоразмерных групп зоопланктона сократилась до 37% в общей биомассе зоопланктона; доминировали копепоditы старших возрастов *P. elongatus* (20.5%), *T. longicornis* (11.3%) и половозрелые особи *A. longiremis*, *T. longicornis*, *C. hamatus* (по 5-6%).

В осенний сезон основу биомассы зоопланктона на всех исследованных горизонтах составляли веслоногие ракообразные. Вторыми по значению были ветвистоусые ракообразные, чья биомасса, как и биомасса зоопланктона в целом, была наибольшей в верхнем, еще сравнительно теплом однородном слое до термоклина (рис. 3).

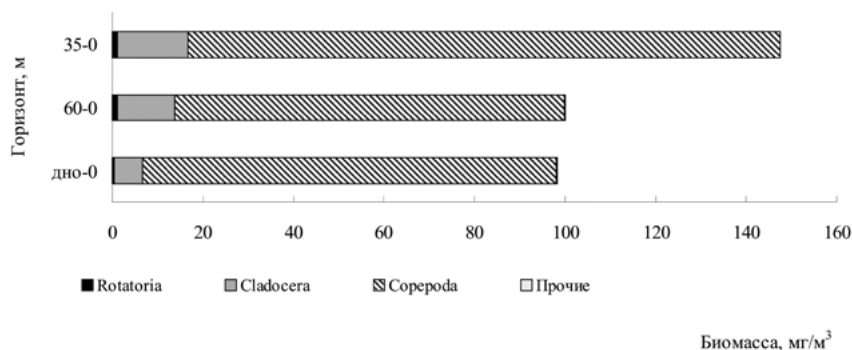
**Рис. 3.** Вертикальное распределение средней биомассы основных групп зоопланктона (мг/м³) юго-восточной части Балтийского моря, октябрь 2015 г.

Таблица 2. Средняя численность некоторых видов зоопланктона (экз./м³) в ЮВБ, октябрь 2015 г.

Горизонт / Вид	Поверхность-термоклин	Поверхность-галоклин	Поверхность-дно
<i>Acartia longiremis</i>	154.8±92.9	209.2±42.1	195.6±78.1
<i>Acartia tonsa</i>	85.4±31.5	36.6±12.0	22.4±18.1
<i>Centropages hamatus</i>	147.5±90.0	73.1±20.1	92.2±54.4
<i>Temora longicornis</i>	80.6±49.3	23.4±3.2	93.9±83.5
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	15.0±13.5	22.2±4.6	53.7±32.3
<i>Eubosmina maritima</i>	171.1±75.5	163.8±56.6	148.6±32.0

Выявлены особенности вертикального распределения ключевых для экосистемы видов калянид и кладоцеры *E. maritima*. Копепода *A. longiremis* встречалась во всей толще воды, однако наибольшая численность этого вида отмечена в слоях ниже термоклина, в то время как численность более теплолюбивого вида — *A. tonsa*, напротив, была выше в верхнем однородном слое, что было свойственно также копеподе *C. hamatus* и кладоцере *E. maritima*. Стеногалинный вид *P. elongatus* был многочисленнее в слое воды от дна до поверхности (табл. 2).

Особенности вертикального распределения биомассы трех видов зоопланктона — эвригалинных и эвритермных видов *E. maritima* и *A. tonsa* и холодноводного, стеногалинного вида *P. elongatus* еще более иллюстрируют зависимость этих видов от термохалинных условий (рис. 4). Наибольшая биомасса кладоцеры *E. maritima* отмечена в верхнем однородном слое воды, в слое воды от поверхности до галоклина этот вид также встречался в значительном количестве, а от поверхности до дна отмечены минимальные значения биомассы этого вида (рис. 4). Эвригалинная калянида *A. tonsa* встречалась по всей водной толще с максимальной биомассой также в верхнем однородном слое. Холоднолюбивый и обитающий в водах с высокой соленостью *P. elongatus* над термоклином встречался единично, а его максимальная биомасса зафиксирована при тотальном лове, включающем слой под галоклином.

Горизонтальное распределение количественных параметров осеннего зоопланктона на исследуемой акватории ЮВБ было сравнительно однородно. Экстремумы численности зооплан-

ктона в верхнем однородном слое различались в 1.4 раза (22.7–31.1 тыс. экз./м³), максимум отмечен на наиболее приближенной к берегу ст. 5287 (рис. 1). Биомасса зоопланктона в толще воды варьировала в пределах от 50 до 143 мг/м³, составляя в среднем 98 мг/м³.

Фитопланктон, важный пищевой ресурс для зоопланктона, в верхнем однородном по термохалинным характеристикам слое был представлен 25 таксонами: динофитовые — *Amphidinium* sp., *Dinophysis norvegica* (Claparède, Lachmann, 1859), *Glenodinium* sp., *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium spirale* (Kofoid, Swezy, 1921), *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) (G. Hansen 1995), *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) (Stein 1883), *Katodinium glaucum* (Lebour) (Loeblich 1965); цианобактерии — *Aphanizomenon flos-aquae* (Ralf sex Bornet, Flahault 1886), *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus* spp., *Woronichinia karelica* (Komárek, Komárková-Legnerová, 1992), *Woronichinia compacta* (Lemmermann) (Komárek, Hindák, 1988), *Woronichinia elorantae* (Komárek, Komárková-Legnerová, 1992); диатомовые — *Actinocyclus* sp., *Centrales* gen. sp., *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros tenuissimus* (Meunier, 1913), *Coscinodiscus granii* (Gough, 1905), *Cyclotella choctawhatcheeana* (Prasad, 1990); криптофитовые — *Plagioselmis prolunga* (Lucas, Morrall, 1994), *Teleaulax* spp.; зеленые — *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) (Proschkina-Lavrenko, 1966), *Pyramimonas* spp.; эвгленовые — *Eutreptiella gymnastica* (Thronsen, 1969).

Фитоценозы станций составляли от 4 (ст. 5284) до 18 таксонов (ст. 5287). В поверхностном слое свыше 10 таксонов отмечено на всех станциях, кроме ст. 5284, вблизи границы термоклина — только на станциях 5286, 5287, где в верхнем квазиоднородном слое обнаружено наибольшее число таксонов фитопланктона — 15–16, мористее таксономическое разнообразие было ниже — 8–12.

По численности в комплекс доминантов вошли цианобактерии *A. flos-aquae*, *Aphanocapsa* sp. и виды рода *Woronichinia*; криптофитовые *P. prolunga*, *Teleaulax* spp., диатомовые *Actinocyclus* spp., *C. choctawhatcheeana*, зеленые празиофитовые *Pyramimonas* spp.

В целом цианобактерии на 20–84% определяли численность фитопланктона на станциях 5286, 5287 (оба горизонта) и на станциях 5272, 5289 (у термоклина). Криптофитовые (26–56%) и зеленые (11–31% общего показателя) в поверхностном слое доминировали по всей акватории, у термоклина — только на станциях 5284

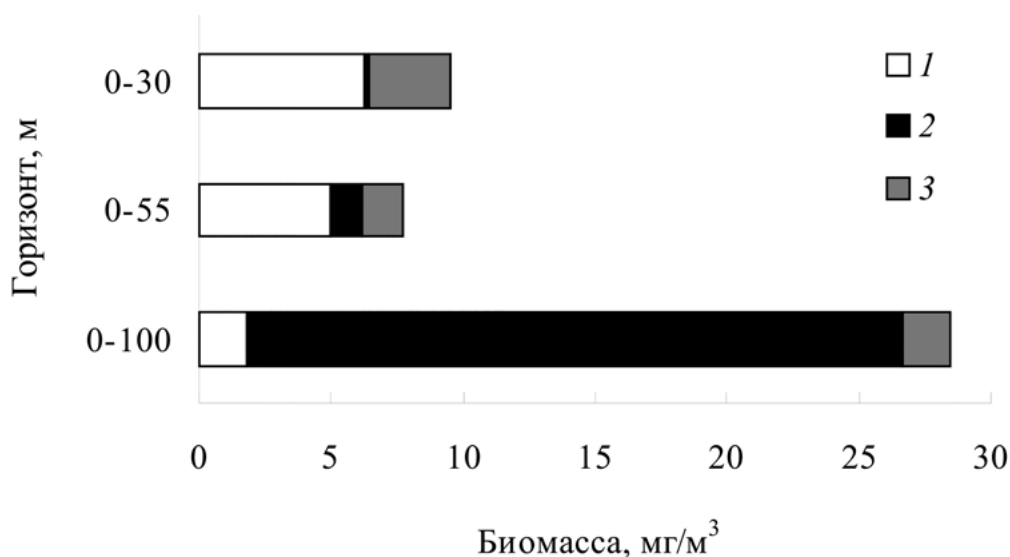


Рис. 4. Вертикальное распределение *Eubosmina maritima* (1), *Pseudocalanus elongatus* (2) и *Acartia tonsa* (3) в юго-восточной части Балтийского моря, ст. 5287, октябрь 2015 г.

Таблица 3. Вертикальное распределение средних количественных показателей фитопланктона в ЮВБ, октябрь 2015 г. (\pm стандартная ошибка)

Горизонт	Численность, тыс.кл./л		Биомасса, мг/м ³	
	$\bar{X} \pm CO$	Мин.-Мак.	$\bar{X} \pm CO$	Мин.-Мак.
Поверхностный, 0 м	135.6 \pm 59.1	53.8-428.5	841 \pm 242	210-1806
Верхняя граница термоклина, 33-38 м	114.8 \pm 57.1	5.8-365.3	486 \pm 139	231-942
Верхний однородный, 0-термоклин	125.2 \pm 39.3	5.8-428.5	664 \pm 143	210-1806

и 5289 (до 16 и 25% соответственно). Доминирование диатомовых отмечено на всех станциях, кроме 5286, 5287 (оба горизонта) и 5272 (граница термоклина). Их доля 14-91% в общей численности была выше в глубоководном слое против 11-35% в верхнем горизонте.

В верхнем однородном слое численность фитопланктона варьировала в диапазоне величин от 6 до 429 тыс. кл./л (табл. 3). Максимум отмечен в поверхностном слое на ст. 5287, минимум — вблизи границы термоклина на ст. 5285. В поверхностном слое экстремальные значения различались в 8 раз, у границы термоклина размах колебания был больше, и величины различались в 61 раз. Наибольшей численностью фитопланктона отличались станции 5286 и 5287, где в среднем по горизонтам она составила 145-397 тыс. кл./л, мористее численность фитопланктона сокращалась до 40-70 тыс.кл./л.

Численность мелкоразмерной фракции фитопланктона (<30 мкм), используемой в питании ювенильными формами рачкового планктона, в верхнем однородном слое сокра-

щалась с 102 \pm 33 тыс. кл./л в поверхностном слое до 35 \pm 14 тыс. кл./л у границы термоклина. Крупноразмерные водоросли (до 100 мкм) в толще воды распределялись равномерно — 4-6 \pm 1 тыс. кл./л. По всей акватории на обоих горизонтах свыше 90% биомассы фитопланктона обеспечивали диатомовые, что было результатом вегетации крупноклеточных центральных *Actinocyclus* spp. и *C. granii* в верхнем квазиоднородном слое.

Колебания биомассы на двух исследованных горизонтах составили 210-1806 мг/м³ (табл. 3). Экстремальные значения зафиксированы в поверхностном слое — на станциях 5272 (минимум) и 5289 (максимум). В поверхностном слое биомасса фитопланктона имела сходную величину на разрезе станций 5287-5285 — 414-716 мг/м³, на станциях 5284 и 5289 наблюдался рост биомассы до 1270-1800 мг/м³. Вблизи термоклина наибольшая биомасса (более 900 мг/м³) была на тех же станциях, что и в поверхностном слое — станциях 5284 и 5289. На остальной акватории — от 230 до 320 мг/м³.

ОБСУЖДЕНИЕ

Структура сообщества зоопланктона осенью 2015 г. была сходна с аналогичными данными предыдущих периодов исследований. По данным 2003-2005 гг., осенью в ЮВБ (район мониторинга нефтедобывающей платформы Д-6) в зоопланктоне доминировали копеподы и коловратки; кладоцеры были малочисленными, а в меропланктоне массово встречались личинки *Polychaeta*. В группе веслоногих ракообразных преобладали виды рода *Acartia*, *T. longiremis*, в глубоководной части — *P. elongatus* [20]. Сходная структура осеннего зоопланктона была отмечена в ИЗЗ (исключительная экономическая зона) РФ ЮВБ и в период 1998-2007 гг. [1]. Существенного увеличения численности стеногалинных холодноводных *P. elongatus* и *O. similis* в нашем исследовании, по сравнению с предыдущими исследованиями, не отмечено. В целом структура зоопланктоценоза была типичной для осеннего сезона в ЮВБ, влияние зимнего большого залива на видовой состав и структуру сообщества не отмечено.

Количественные показатели зоопланктона в октябре 2015 г. на ст. 5287 (14.1 тыс. экз./м³ и 93.3 мг/м³) были сходны с данными, полученными здесь в ноябре 2003 г. (13.8 экз./м³ и 124 мг/м³), на совпадающими с нашей ст. 22 мониторинга нефтяного месторождения «Кравцовское» (МЛСП Д-6) [20].

В осенний период 1998-2007 гг. численность зоопланктона в ЮВБ составила в среднем 11.6 тыс. экз./м³, а биомасса — 246.5 мг/м³ [1]. Показатели численности зоопланктона были несколько ниже, а биомассы — несколько выше, чем в нашем исследовании 2015 г. (в среднем 26.5 тыс. экз./м³, 98 мг/м³). Разница количественных показателей обусловлена отличием структуры зоопланктона в сравниваемые годы. В конце октября 2015 г. в зоопланктоне преобладали мелкоразмерные ювенильные стадии калянид с малой индивидуальной массой, что при возросшей общей численности дало меньшую биомассу зоопланктона.

В других районах южной и центральной части Балтики в 2015 г. численность осеннего зоопланктона не превышала 20 тыс. экз./м³, при этом почти половину составлял временный компонент зоопланктона — меропланктон. Численность и биомасса основных групп зоопланктона в указанных районах Балтики были одними из самых низких с начала 2000-х гг. [27].

Особенности горизонтального распределения зоопланктона в ЮВБ обусловлены разницей термохалинных условий и пищевыми ресурсами. Существенных отличий в горизонтальном распределении солености и температуры воды в верхнем перемешанном слое не отмечено, в придонном слое на станциях с максимальной соленостью отмечен вид-индикатор североморских вод *O. similis*. Сравнительно однородное распределение зоопланктона в исследуемом районе в целом согласовывалось с распределением фитопланктона (рис. 1). Максимальные значения количественных показателей фитопланктона и зоопланктона отмечены на ст. 5287, ближе остальных расположенной к берегу и находящейся под влиянием поверхностного стока и вод Вислинского залива.

В осеннем фитопланктоне ЮВБ преобладали диатомовые, криптофитовые, зеленые и цианобактерии [12, 13, 19], играющие существенную роль в питании зоопланктона. Величина количественных показателей осеннего фитопланктона в 2015 г. превысила аналогичные данные предыдущих лет исследований. Осенью 1991 г. в глубоководной части Гданьского бассейна в верхнем перемешанном слое (30-38 м) [9] и в толще воды от поверхности до дна в 2003-2008 гг. [12] осредненные количественные показатели фитопланктона имели сходную величину — 30-40 тыс. кл./л (численность) и 80-120 мг/м³ (биомасса). В октябре 1973 г. [8] показатели фитопланктона были выше (89 тыс. кл./л, 480 мг/м³), но не достигали значений октября 2015 г. Сравнительно высокие показатели вегетации фитопланктона в октябре 2015 г. могли быть следствием благоприятных температурных условий, т.к. за последние 25 лет это был один из наиболее теплых годов, а октябрь 2015 г. признан наиболее теплым с 1990 г. [27]. По нашим данным, температура верхнего однородного слоя составила около 12°C.

В осеннем зоопланктоне в 2015 г. преобладали мелкоразмерные каляниды, преимущественно потребляющие мелкоклеточный фитопланктон (до 30 мкм). Обнаружена статистически значимая положительная связь численности зоопланктона в верхнем однородном слое с численностью всего фитопланктона у границы термоклина ($R=0.83$; $p=0.042$; $n=6$), что указывает на достаточное количество пищевых ресурсов для зоопланктона. При этом линейная связь биомассы зоопланктона с численностью мелкоклеточного фитопланктона в поверхностном слое была отрицательной ($R=-0.83$; $p=0.042$; $n=6$), т.е. на данном горизонте в своем

пищевом рационе зоопланктеры предпочитали мелкоклеточный фитопланктон.

Вегетация фитопланктона зависит от содержания в воде биогенных элементов, в первую очередь от азота и фосфора, для развития диатомовых необходим также кремний. Содержание минерального фосфора в поверхностном слое ЮВБ в октябре 2015 г. варьировало в диапазоне величин 3.0-14.0 мкг/л (табл. 1). Максимальная концентрация минерального фосфора отмечена на ближайшей к берегу ст. 5287, здесь же отмечено наибольшее количество фито- и зоопланктона (рис. 4), что указывает на достаточность содержания минерального фосфора даже в условиях интенсивного потребления его фитопланктоном. Это подтверждалось и наличием положительной связи между содержанием минерального фосфора и численностью фитопланктона в поверхностном слое ($R=0.97$; $p=0.005$; $n=5$), что может быть следствием избыточного количества минерального фосфора в осенний период в ЮВБ. Концентрация кремния в поверхностном слое варьировала слабо и составила 553-863 мкг/л (табл. 1). Биомасса фитопланктона в поверхностном слое и в целом в верхнем однородном слое имела отрицательную связь с концентрацией кремния в верхнем горизонте ($R=-0.90$; $p=0.037$; $n=5$). Это согласовывалось с доминированием диатомовых в структуре количественных показателей фитопланктона в поверхностном горизонте и активным изъятием этого элемента фитопланктоном.

Стратификация водной толщи в районе исследования имела характерное для Балтийского моря двухслойное строение [5]. Вертикальное распределение эвригалинных и эвритермных видов *E. maritima* и *A. tonsa* на разных горизонтах показало, что их наибольшая биомасса отмечена в верхнем однородном слое с температурой около 12°C и соленостью 7.2-7.5 PSU. Холодноводный стеногалинный вид *P. elongatus* отмечен в столбе воды, где обловлен придонный слой с температурой 6.5-7°C и соленостью 12-13.6 PSU. Таким образом, выявлена приуроченность отдельных видов, имеющих определенные экологические характеристики, к элементам стратификации водной толщи осенью.

Сравнительно высокие для района исследования в ЮВБ значения солености в придонном слое, при небольшой концентрации кислорода, позволяют говорить об ассимиляции североморских вод, поступивших в бассейн Балтийского моря в декабре 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таксономический состав фито- и зоопланктона ЮВБ был представлен обычными для этого района и сезона видами и группами гидробионтов. В фитопланктоне отмечено 25, в зоопланктоне – 15 таксонов. Структура планктонных сообществ была сходна с аналогичными данными предыдущих исследований. В фитопланктоне в основном доминировали диатомовые (*Actinocyclus spp.*, *Coscinodiscus granii*), в зоопланктоне – веслоногие ракообразные. Увеличения доли стенотермных и стенохалинных видов в зоопланктоне не отмечено, на основании чего можно заключить, что существенного влияния зимний большой заток на осенний зоопланктон ЮВБ в 2015 г. не оказал. Величина численности и биомассы фитопланктона (125.2 ± 39.3 тыс. кл./л, 664 ± 143 мг/м³) была сравнительно высокой в ряду многолетних данных, что, вероятно, стало следствием аномального прогрева вод в октябре 2015 г. Количественные показатели зоопланктона (5.1-16.8 тыс. экз./м³ и 49-143 мг/м³) находились в пределах характерных величин для этого сезона в ЮВБ. Особенности пространственного распределения зоопланктона были обусловлены пищевыми ресурсами и термохалинной структурой водной толщи. Гидрологические показатели вод ЮВБ позволяют говорить об ассимиляции североморских вод, поступивших в бассейн Балтийского моря в декабре 2014 г.

Благодарности. Авторы благодарят вед. инженера лаборатории геологии Атлантики АО ИО РАН А.Б. Адамович и Я.В. Веремейчик за разработку гидрохимических проб и признательны рецензенту за внимательное прочтение рукописи, ценные советы и справедливые замечания.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках темы № 0149-2019-0013 Государственного задания ИО РАН, данные по гидрохимии отобраны и обработаны при частичной поддержке гранта РФФ № 14-27-00114.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров С.В., Жигалова Н.Н., Зезера А.С. Многолетняя динамика зоопланктона в юго-восточном районе Балтийского моря // Биология моря. 2009. Т. 35. № 4. С. 241-248.
2. Боднек В.М. Зоопланктон средней южной части Балтийского моря и Рижского залива // Тр. ВНИРО. 1953. Т. XXVI. С. 188-209.
3. Виноградов М.Е., Шушкина Э.А. Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. М.: Наука, 1987. 240 с.

4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. III. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Терзиева Ф.С. и др. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 451с.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. III. Балтийское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности / Под. Ред. Терзиева Ф.С. и др. СПб.: Гидрометеоздат, 1994. С. 7-8.
6. Гриценко В.А., Питербарг Л.И. Устранение «выбросов» в рядах гидрофизических измерений с помощью медианной фильтрации // Океанология. 1983. Т. XXIII. № 1. С. 161-163.
7. Жигалова Н. Н., Пужакова Л. И. Состояние и межгодовая динамика развития зоопланктона в водах Южной Балтики в 1997-2001 годах / Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2000-2001 годах. Т.2. Балтийское море. Калининград: АтлантНИРО, 2002. С. 12-21.
8. Зернова В.В. Особенности количественного распределения планктонных водорослей Балтийского моря в осенний период // Биология объектов марикультуры /Ред. Турпаева Е.П.. М.: ИОАН СССР, 1987. С. 102-108.
9. Зернова В.В. Осенний фитопланктон Балтийского моря // Океанология. 1997. Т. 37. №2. С. 236-244.
10. Исследование экосистемы Балтийского моря / Под ред. Израэля Ю.А., Цыбань А.В. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 324 с.
11. Костричкина Е.М., Юрковский А.К., Калейс М.В. Динамика зоопланктона в Балтийском море за последнее 40-летие в связи с изменением водного режима (1949-1989 гг.) // Пленарные доклады VIII Всесоюзной конференции по промышленной океанологии, Ленинград, 15-19 октября 1990 г. М.: ВНИРО, 1990. С. 87-98.
12. Костричкина Е.М. К вопросу трофической структуры зоопланктона Балтийского моря // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига: Звайгуне, 1979. Вып. 14. С. 21-31.
13. Ланге Е.К. Характеристика позднелетнего фитопланктона прибрежной зоны Балтийского моря (Калининградская область) // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов Российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» ФЦП «Мировой океан»). Вып. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 436-441.
14. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Салазкина А.А. и др. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
15. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2003...2015 гг. [<http://www.meteorf.ru/product/infomaterials>]
16. Полунина Ю.Ю., Матвий С.Г. Зоопланктон в прибрежных водах Калининградского взморья (Балтийское море) // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» ФЦП «Мировой океан»). Вып. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 460-469.
17. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. Абакумова В.А. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 320 с.
18. Семенова А.С., Жигалова Н.Н. Сезонная динамика и продукционные характеристики планктонных ракообразных Юго-восточной части Балтийского моря // Сб. мат. Международной конференции «Экология водных беспозвоночных», посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН. Борок, 30 октября 2 ноября 2010 г. Ярославль: Принтхаус, 2010. С. 286-288.
19. Семенова С.Н. Фитопланктон. Биологические сообщества /Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. II.: Море / Под ред. В.В. Сивкова и др. Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 344-358.
20. Шука 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.
21. Mustamäki N., Jokinen H., Scheinin M., et al. Seasonal shifts in the vertical distribution of fish in a shallow coastal area // ICES Journal of Marine Science. March 29, 2016. <http://icesjms.oxfordjournals.org/>
22. O'Brien, T.D., Lypcz-Urrutia, A., Wiebe, P. H., Hay S. (Eds). 2008. ICES Zooplankton Status Report 2006/2007. ICES Cooperative Research Report №. 292. 168 p.
23. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment. The Baltic marine biologists. Publication. Working Group 14 / Ed. Hernroth L. 1985. №.10. 26 p.
24. Schulz J., Hirche H.-J. Zooplankton distribution in the Bornholm Sea // ICES ASC, CM 2004/P:19.
25. Schulz J., Peck M.A., Barz K., Hirche H.-J. Spatial and temporal habitat partitioning by zooplankton in the Bornholm Basin (central Baltic Sea) // Progress in Oceanography. 2012. № 107. P. 3-30.

26. Telesh I., Postel L., Heerkloss R. et al. Zooplankton of the Open Baltic Sea: Atlas. BMB Publication № 20. Meereswiss. Ber., Warnemünde, 2008. P. 1-251.
27. Wasmund N., Dutz J., Pollehne F. et al. Biological Assessment of the Baltic Sea 2015. /Meereswiss. Ber., Warnemünde, 2016. V. 102. 97 s.
28. Żmijewska M. I., Niemkiewicz E., Bielecka L. Abundance and species composition of plankton in the Gulf of Gdańsk near the planned underwater outfall of the Gdańsk–Wschyd (Gdańsk–East) sewage treatment plant // Oceanologia. 2000. V.3. № 42. P. 335–357.

The Structure and Distribution of Autumnal Zooplankton in the South-Eastern part of the Baltic Sea in 2015

© 2019 Ju. Ju. Polunina, E. K. Lange, V. A. Krechik

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

e-mail: jul_polunina@mail.ru

Received October 23, 2017

After revision January 14, 2017

Were found peculiarities of the structure and distribution in the autumn plankton of the South -Eastern part of the Baltic sea (SEB) in October 2015 taking into account hydrological and hydrochemical data. There were no changes registered as to the taxonomic composition of phyto- and zooplankton, including no increase in the number of the stenothermic and stenohaline species, as well as no significant differences in the hydrological parameters in comparison with the long-term analogous data. Thus, there was no influence of the winter Major Baltic Inflow in December 2014 on the plankton SEB next autumn. The level of phytoplankton vegetation in the upper homogeneous layer (125 ± 39 thous. cells/l, 664 ± 143 mg/m³) was higher compared to the long-term data. The abundance and biomass of zooplankton (5.1-16.8 thous. ind/m³ and 49-143 mg/m³) were within the typical value for autumn in the studied area. Peculiarity of zooplankton spatial distribution were related to trophic resources and the thermohaline structure of the water column.

Keywords: South-eastern Baltic Sea, structure of phyto-, zooplankton, distribution, influence of the marine inflow