

УДК 584.583

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ГУБЫ СУХОЕ МОРЕ (ЮГО-ВОСТОК БЕЛОГО МОРЯ)

© 2023 г. Е. И. Собко¹, * (ORCID: 0000-0003-3153-899X), С. И. Климов¹,

Н. В. Неверова¹ (ORCID: 0000-0003-4628-1138), О. Ю. Морева¹ (ORCID: 0000-0002-5114-8481)

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН,
Архангельск, 163000 Россия

*e-mail: elfisina@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.02.2023 г.

После доработки 16.05.2023 г.

Принята к публикации 08.06.2023 г.

В работе представлены исследования зоопланктонных сообществ, выполненные в июле–августе 2018 г. в губе Сухое Море (юго-восточная часть Двинского залива Белого моря). Изучены видовой состав, количественные характеристики и пространственное распределение зоопланктона. Зоопланктонные сообщества представлены 34 видами гидробионтов. Доминирующей группой во всем исследуемом районе были копеподы. Зоопланктонные сообщества характеризовались высокими количественными показателями. Существенный вклад в формирование общей численности зооценоза вносили ювенильные стадии копепод. На полной воде численность зоопланктона составляла 37 тыс. экз./м³, биомасса — 0.6 г/м³ (сырой массы), на малой — соответственно 210 тыс. экз./м³ и 1.7 г/м³ (сырой массы). Структура, обилие и пространственное распределение зоопланктона в губе обусловлены морфометрическими особенностями водоема (мелководностью), влиянием комплекса факторов внешней среды (температуры и солености), а также приливо-отливными явлениями.

Ключевые слова: Белое море, прибрежные экосистемы, градиент солености, зоопланктон, биоразнообразие

DOI: 10.31857/S0134347523060086, **EDN:** FRMNKA

В последние годы значительно возрос интерес к изучению прибрежных морских экосистем. Прибрежные зоны морей, в том числе и устьевые области рек, являются пограничными районами между наземными и морскими экосистемами, что делает их уникальными и в то же время уязвимыми (Бузолева и др., 2014). В них происходит сложное взаимодействие природных процессов и антропогенного воздействия, определяющих состояние и функционирование прибрежных экосистем. Морские прибрежные местообитания занимают особое место среди природных экосистем и играют важную роль в поддержании экологического равновесия и сохранении видового разнообразия морей и океанов. Большинство прибрежных экосистем характеризуются высокой продуктивностью и служат идеальным местом для развития молоди многих морских организмов (Сафьянов, 1987; Курилов, 2000; Примаков и др., 2009; Селифонова, 2012).

Белое море — одно из наиболее изученных морей России (Дерюгин, 1928; Перцова, 1962, 1970, 1983; Прыгункова, 1987; Перцова, Кособокова, 2002; Примаков, 2004), однако уровень изученности отдельных его районов не одинаков.

В настоящей работе представлены результаты исследования зоопланктона в губе Сухое Море — мелководном лагунообразном заливе, расположенном в юго-восточной части Двинского залива. Гидрографические и гидрологические исследования в этом районе имеют многовековую историю (Рейнеке, 1883; Ляхницкий, 1917; Мискевич и др., 2018), но гидробиологические работы в губе Сухое Море до настоящего времени не проводились.

Цели данной работы — изучить видовой состав, количественные характеристики и пространственное распределение зоопланктона, а также влияние факторов среды (солености и температуры) и приливо-отливных циклов на структурную организацию зооценозов в прибрежных водах мелководной губы Сухое Море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Характеристика района исследований

Губа Сухое море — вытянутый в направлении с юга на север мелководный лагунообразный залив, площадь которого 106 км², а общая протяженность — 28.3 км. Губа отделена от Двинского

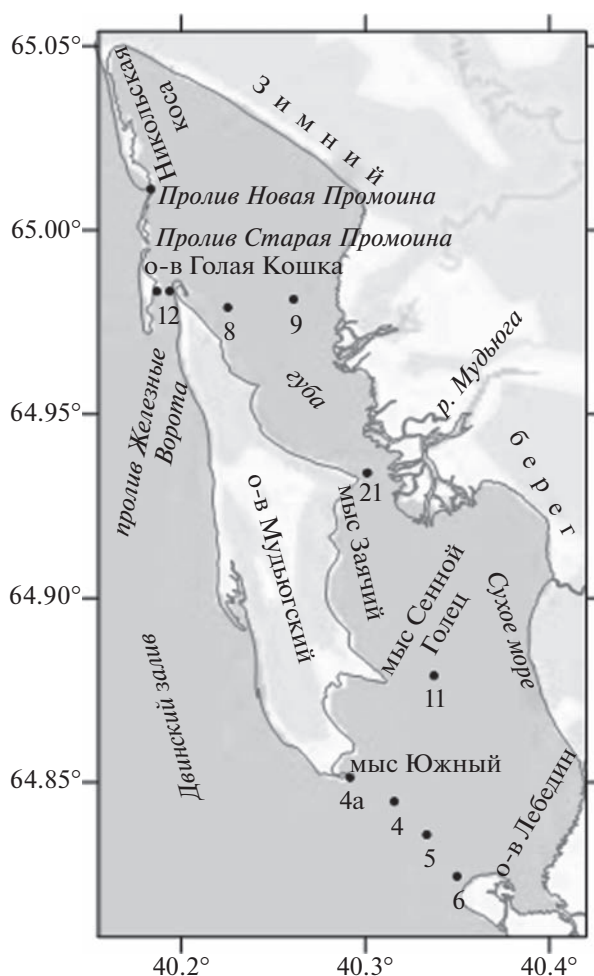


Рис. 1. Схема района исследований с расположением станций.

залива Никольской косой, о-вами Голая Кошка и Мудьюгский. С востока залив омывает материковую часть беломорского побережья (Зимний берег), прилегающую к дельте р. Северная Двина. На широте мыса Заячий (ст. 21) губа сужается, разделяясь на северную (ст. 1, 2, 3, 8 и 9) и южную (ст. 11, 4а, 4, 5 и 6) части (рис. 1).

Отличительная особенность губы Сухое Море — ее мелководность. Северная часть залива самая мелководная; на створе мыса Сенной Голец и в прол. Новая Промоина отмечены более глубокие места (до 3–4 м). Глубины, превышающие 5-метровую отметку, находятся в проливе между о-вами Лебедин и Мудьюгский (южная часть залива), а также в прол. Железные Ворота (до 8–9 м) и на прилегающих к нему участках. На малой воде преобладающие глубины в северной части залива во время отлива не превышают 0.5–0.8 м (Гидрология устьевой области..., 1965; Михайлов, 1998; Мискевич и др., 2018).

Гидрологический режим губы Сухое Море подвержен значительной изменчивости из-за

мелководного и сложного рельефа района. В северной части залива основной водообмен за приливный цикл происходит через прол. Железные Ворота, в южной — через желоб у о-ва Лебедин. Течения в заливе носят реверсивный (обратный) характер. В течение приливного цикла преобладает поступление воды из южной части залива в северную.

Южная часть залива (ст. 4, 4а, 5, 6 и 11) находится под влиянием пресных вод р. Северная Двина. В зоне смешения морских и речных вод наблюдался четко выраженный градиент солёности (по горизонтали и по вертикали) (рис. 2а). Вертикальное распределение солёности обусловлено выносом пресных вод у поверхности и компенсационным затокком морских вод у дна. Кратковременная стратификация вод наблюдалась только на полной воде (рис. 2б).

Благодаря хорошему перемешиванию вод и морфометрическим особенностям района, в северной части губы Сухое Море (ст. 1, 2, 3, 8 и 9) градиент солёности формируется по горизонтали.

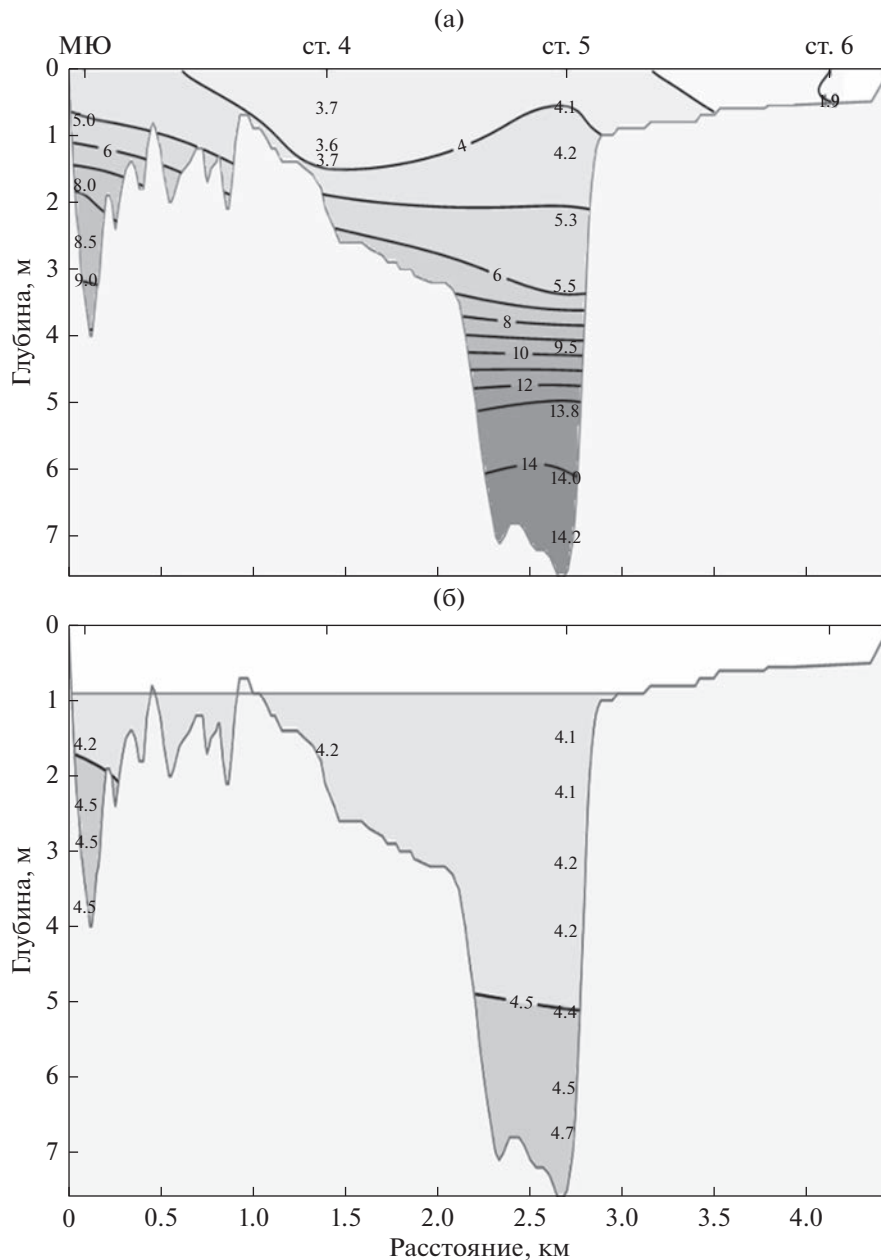


Рис. 2. Распределение солёности на разрезе мыс Южный – о-в Лебедин 24–30 июля 2018 г. на полной (а) и малой (б) воде.

Солёность вод в северной части губы в 2–3 раза выше, чем в южной. Средние значения минимумов и максимумов по станциям составляли в южной части залива 3.8 и 8.1 psu, в северной – 11.5 и 18.5 psu.

Исследования зоопланктонных сообществ в губе Сухое Море проводили с 24 июля по 14 августа 2018 г. В районах станций эхолотом Humminbird GPS-Fishfinder 363 произвели предварительные промеры глубин разрезов. Температуру, солёность, кислород и удельную электропроводность воды, а также скорость и направление течений

измеряли зондом Seaguard RCM SW фирмы AANDERAA.

В период исследований температура воды в поверхностном горизонте на станциях разреза мыс Южный – о-в Лебедин была 18–21°C, в северной и центральной частях залива – 14–18°C (рис. 3).

Пробы зоопланктона отбирали с катера на 11 станциях (рис. 1) в период малой (МВ) и полной воды (ПВ). Всего собрали и обработали 35 проб. На мелководье пробы отбирали с поверхности ведром (50 л), а затем процеживали через

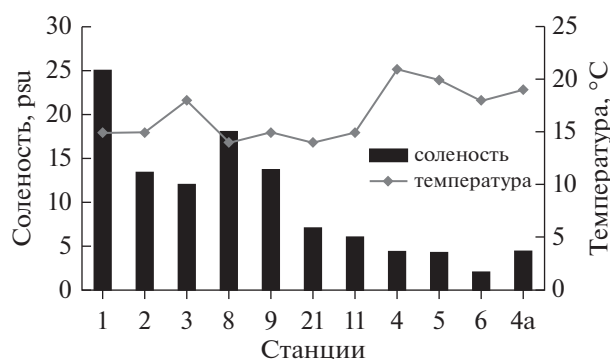


Рис. 3. Соленость и температура воды в губе Сухое море по станциям в поверхностном горизонте (полная вода).

планктонную сеть. На глубоководных станциях отбор проб от дна до поверхности осуществляли планктонной сетью Джеди (диаметр входного отверстия — 18 см, размер ячеек 74 мкм), дополнительно проводили отбор по слоям через 2–3 м. В зоне смешения морских и пресных вод на станциях, где был четко выражен градиент солености (ст. 5 и 4а в южной части залива), пробы отбирали от поверхности до начала галоклина и от галоклина до дна, а также через весь слой от дна до поверхности. Образцы фиксировали 4% нейтрализованным формалином. Пробы зоопланктона отбирали и обрабатывали в соответствии со стандартными гидробиологическими методами (Инструкции по сбору..., 1971; Руководство..., 1977; Руководство..., 1980; Методические рекомендации..., 1982). Для определения видовой структуры зоопланктона использовали соответствующие определители (Бродский, 1950; Определитель..., 2010). В зависимости от отношения гидробионтов к изменению солености и способности адаптироваться к данным условиям выделяли пресноводные, солоноватоводные и морские группы организмов (Хлебович, 1962, 1974).

При анализе проб определяли видовой состав и выделяли доминантные комплексы, а также подсчитывали численность (экз./м³) и биомассу (г/м³) организмов. Сырую биомассу зоопланктона рассчитывали, используя таблицы стандартных весов и номограмм (Перцова, 1967; Численко, 1981).

Поскольку ряды значений короткие и распределение данных не соответствует нормальному закону, для статистического описания применяли квартильные характеристики и непараметрические методы сравнения данных и изучения связи (соответственно U-критерий Манна–Уитни, а также ранговый коэффициент корреляции Спирмена — r_s). Для оценки сходства зоопланктонных сообществ использовали кластерный анализ (метод взвешенного попарного среднего — Weighted

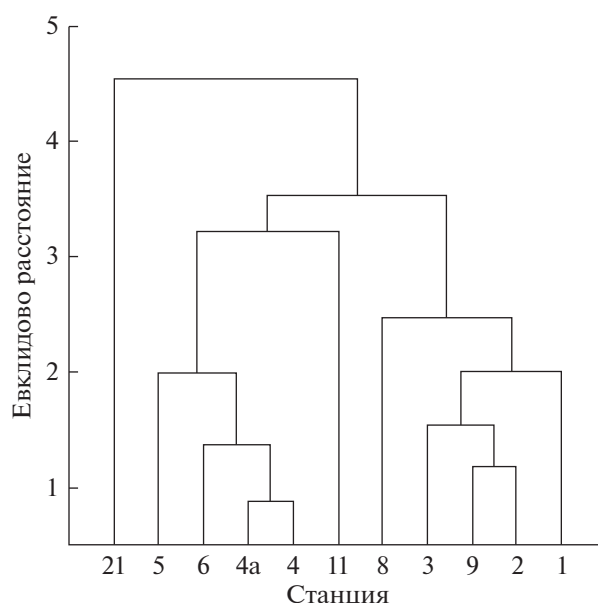


Рис. 4. Дендрограмма сходства разных районов губы Сухое море по численности, биомассе и биоразнообразию зоопланктонных сообществ.

pair-group average) по нормированным значениям. Данные обрабатывали с использованием Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.

Для анализа структуры зоопланктонных сообществ рассчитывали индекс видового разнообразия Шеннона (по численности). При расчете использовали натуральный логарифм (Мэгарран, 1992).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Видовой состав и количественные характеристики планктонного сообщества

В планктонном сообществе залива было обнаружено 34 вида беспозвоночных, 15 из которых относятся к пресноводной фауне. Веслоногие ракообразные (Copepoda) были представлены 12 видами, ветвистоусые (Cladocera) — шестью и колероватки (Rotifera) — 10 видами. В пробах были обнаружены представители класса Hydrozoa и морские инфузории семейства Tintinnioidea, а также личинки Cirripedia и Polychaeta.

Копеподы преобладали в сообществах зоопланктона всего исследуемого района. На некоторых участках они составляли 90–100% от общей численности зоопланктона, а относительная биомасса варьировала в пределах 16–99% от суммарных значений. Существенный вклад в формирование общей численности зоопланктона вносили ювенильные стадии копепод (науплии). Их доля составляла 16–88% от численности веслоногих ракообразных и 13–86% от общего количества зоопланктона. Науплии веслоногих ракообраз-

Таблица 1. Показатели видового разнообразия и количественного обилия зоопланктона в губе Сухое Море в июле—августе 2018 г.

№ станции	<i>N</i> , тыс. экз./м ³	<i>B</i> , г/м ³	<i>n</i>	Индекс Шеннона	Доминанты по численности	Доминанты по биомассе
Северная часть						
1	37	0.6	9	2.7	<i>Microsetella norvegica</i> , <i>Oithona similis</i> , науплиусы Copepoda	<i>Microsetella norvegica</i> , <i>Oithona similis</i> , <i>Calanus glacialis</i>
2	28	0.6	12	2.9	<i>Podon leuckartii</i> , науплиусы Copepoda, науплиусы Cirripedia	<i>Podon leuckartii</i> , <i>Eurytemora affinis</i> , науплиусы Cirripedia
3	19	0.3	9	2.0	<i>Keratella cruciformis</i> , науплиусы Cirripedia, <i>P. leuckartii</i>	<i>P. leuckartii</i> , науплиусы Cirripedia, <i>Calanus glacialis</i>
8	160	1.2	13	2.8	Науплиусы Copepoda, <i>K. cruciformis</i> , <i>M. norvegica</i>	<i>M. norvegica</i> , <i>Acartia longiremis</i> , <i>Podon leuckartii</i>
9	136	0.7	12	2.9	Науплиусы Copepoda, <i>Metridia longa</i>	<i>Metridia longa</i> , <i>M. norvegica</i>
Центральная часть						
21	339	2.9	5	0.9	Науплиусы Copepoda, <i>A. longiremis</i>	<i>A. longiremis</i> , <i>M. norvegica</i>
Южная часть						
11	52	0.7	6	0.8	<i>M. norvegica</i> , науплиусы Copepoda	<i>M. norvegica</i> , <i>A. longiremis</i>
6	115	0.2	7	2.5	Науплиусы Copepoda, <i>Ceriodaphnia reticulata</i>	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> , науплиусы Copepoda
5	34	0.2	18	3.8	Науплиусы Copepoda, <i>Cyclops strenuus</i> , <i>Daphnia galeata</i>	<i>Cyclops strenuus</i> , <i>Eurytemora affinis</i> , <i>Daphnia galeata</i>
4	18	0.1	18	3.8	<i>D. galeata</i> , <i>C. strenuus</i> , науплиусы Copepoda, <i>Polyarthra dolichoptera</i>	<i>C. strenuus</i> , <i>M. norvegica</i> , <i>Asplanchna priodonta</i>
4a	22	0.1	8	2.9	Науплиусы Copepoda, <i>Filinia longisetata</i> , <i>C. strenuus</i> , <i>Eurytemora hirundoides</i>	<i>E. affinis</i> , <i>C. strenuus</i> , <i>Eurytemora hirundoides</i> , <i>P. leuckartii</i>

Примечание. Здесь и в табл. 2: *N* — численность, *B* — биомасса, *n* — количество видов.

ных доминировали почти на всей акватории, за исключением глубоководных станций 1 и 3 в северной части губы, где происходил контакт с водами Двинского залива (табл. 1). Наибольшая численность науплиев Copepoda (24–86% от общего количества зоопланктона) была отмечена на хорошо прогреваемых мелководьях, расположенных в северо-восточной части губы, а также на станциях в центральной и южной частях залива. Доля копепоидитных стадий I–IV в зоопланктонных сообществах была представлена незначительно (около 7% от общей численности зоопланктона).

Субдоминантами по численности были копеподы *Microsetella norvegica* (Boeck, 1865), *Oithona similis* (Claus, 1866), *Acartia longiremis* (Lilljeborg, 1853) и *Metridia longa* (Lubbock, 1854), а также науплиусы Cirripedia; на устьевом взморье — прес-

новодные виды коловраток и кладоцер. По биомассе во всех районах доминировали копеподы.

Сравнение сходства зоопланктонных сообществ на разных участках по количеству и видовому составу позволило выделить в акватории залива три части — южную (ст. 5, 6, 4, 4a и 11), центральную (ст. 21) и северную (ст. 1, 2, 3, 8 и 9) (табл. 1, рис. 4).

В южной части залива, находящейся под доминирующим влиянием стока пресных вод, формирование морского сообщества затруднено. На этом участке устьевого взморья мы обнаружили пресноводные эвригалинные виды Cladocera и Rotifera (до 44% от общего числа видов), и отметили рост численности солоноватоводных форм, представленных родом *Eurytemora*. Здесь присутствовало максимальное количество видов, среднее значение индекса Шеннона составляло 3.36.

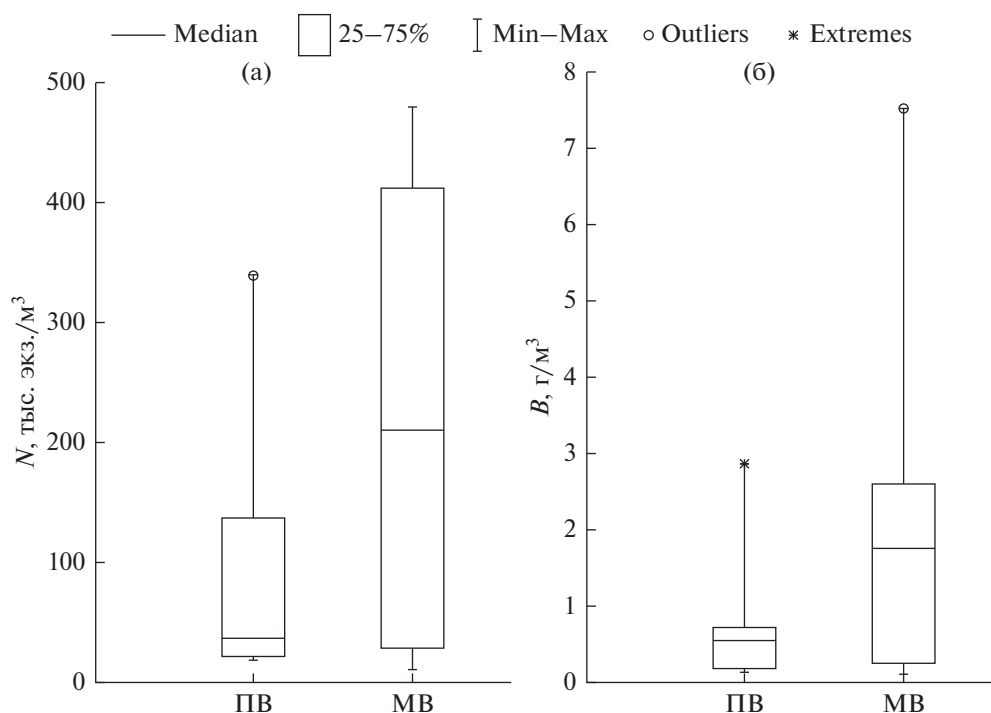


Рис. 5. Статистические квартильные характеристики численности (а) и биомассы (б) зоопланктона на полной и малой воде.

Значения численности и биомассы зоопланктона в южной части залива в период полной воды варьировали в пределах 18–116 тыс. экз./м³ и 0.1–0.8 г/м³ соответственно.

В центральной части губы доминирующий комплекс образовали два вида – *A. longiremis* и *M. norvegica*. Среднее значение индекса Шеннона для данного района составляло 0.85. На полной воде здесь зарегистрировали максимальные (338 тыс. экз./м³) значения численности зоопланктона, а его биомасса составляла 2.9 г/м³.

В северной части залива, где соленость вод достигала 12–25 psu, сформировались благоприятные условия для морских видов зоопланктона. В этом районе доминирующий комплекс был представлен морскими и солоноватоводными видами *A. longiremis*, *Calanus glacialis* (Jaschnov, 1955), *M. norvegica* и *O. similis* (Copepoda), *Podon leuckartii* (G.O. Sars, 1862) (Cladocera), а также личинками усонюгих ракообразных. Кроме того, здесь были отмечены многочисленные морские инфузории семейства Tintinnoidea. Среднее значение индекса Шеннона для этого района составляло 2.65. Численность и биомасса зоопланктона в кутовой части губы (ПВ) изменялись в пределах 19–160 тыс. экз./м³ и 0.3–1.2 г/м³ соответственно.

Количественные показатели зоопланктона в акватории губы Сухое Море варьировали в широких пределах. Численность и биомасса в период полной

воды изменялись в пределах 18–339 тыс. экз./м³ и 0.1–2.9 г/м³ соответственно, при медианных значениях 37 тыс. экз./м³ и 0.6 г/м³ (рис. 5, 6а, 6б). На всех станциях, за исключением ст. 1, 8, 9, 11 и 21, отмечали возрастание численности и биомассы зоопланктона с увеличением глубины. В период малой воды численность и биомасса зоопланктона изменялись в пределах 10–478 тыс. экз./м³ и 0.1–7.5 г/м³ соответственно, при медианах 210 тыс. экз./м³ и 1.7 г/м³ (рис. 5, 6в, 6г).

На полной воде зона повышенного обилия зоопланктона образовывалась у мыса Заячий, в центральной части залива (ст. 21). В период малой воды повышенные значения численности и биомассы зоопланктона отмечены в южной (ст. 5 и 4а) и северной частях залива (ст. 8) (рис. 6).

Пресноводные виды преобладали при солености ниже 5 psu (южная оконечность губы). При солености 2–4 psu было отмечено максимальное количество видов и большое разнообразие зоопланктона. С повышением солености эти формы постепенно замещались эвригалинными солоноватоводными видами. В диапазоне солености от 6 до 8 psu (зона критической солености) наблюдали минимальное количество видов и малое биоразнообразие гидробионтов. При солености выше 12 psu в зоопланктонном сообществе присутствовали морские виды. Доля морских видов в зооце-

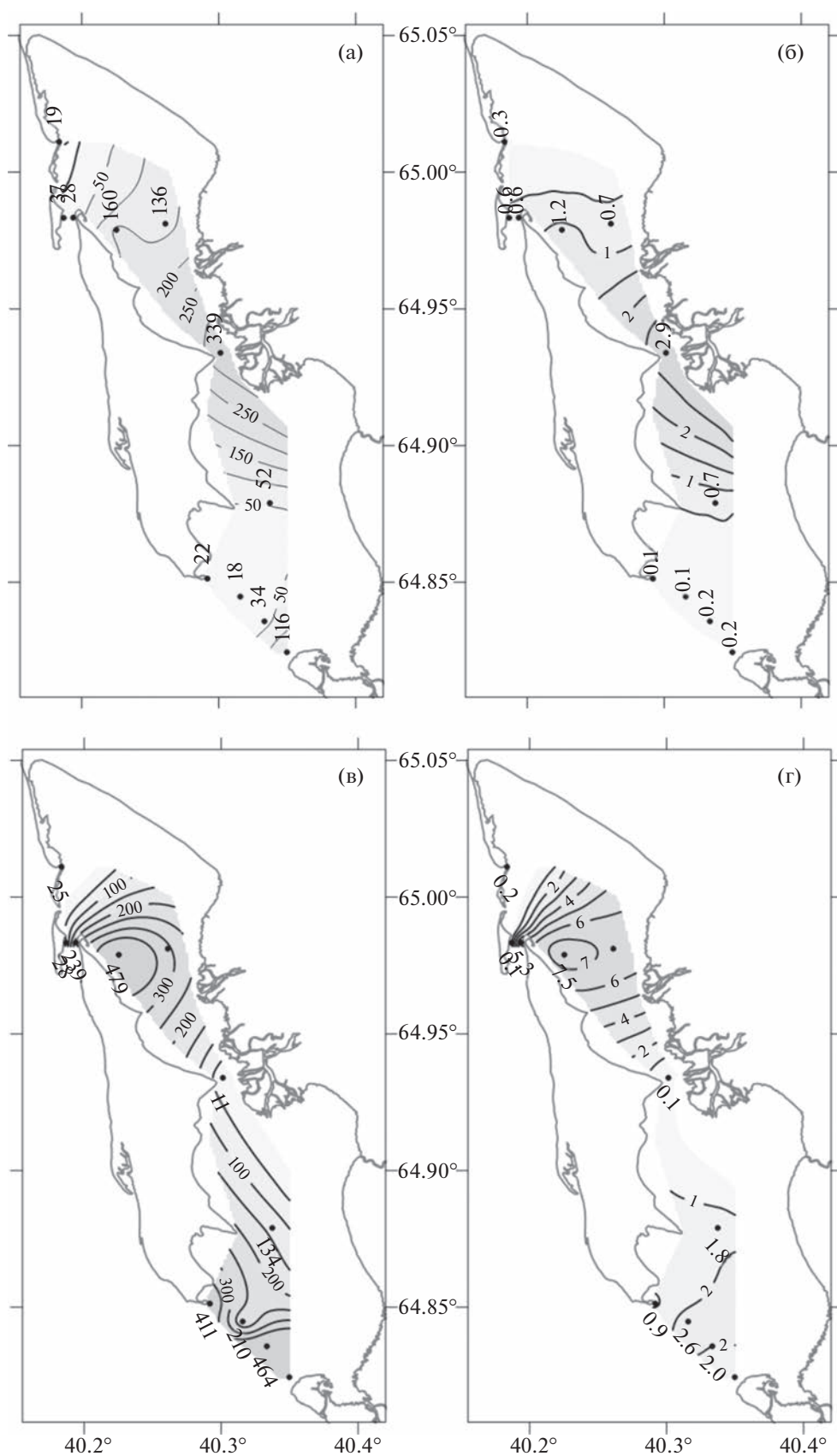


Рис. 6. Распределение численности (а, в) и биомассы (б, г) зоопланктона в период полной (а, б) и малой (в, г) воды в губе Сухое Море (июль–август 2018 г.).

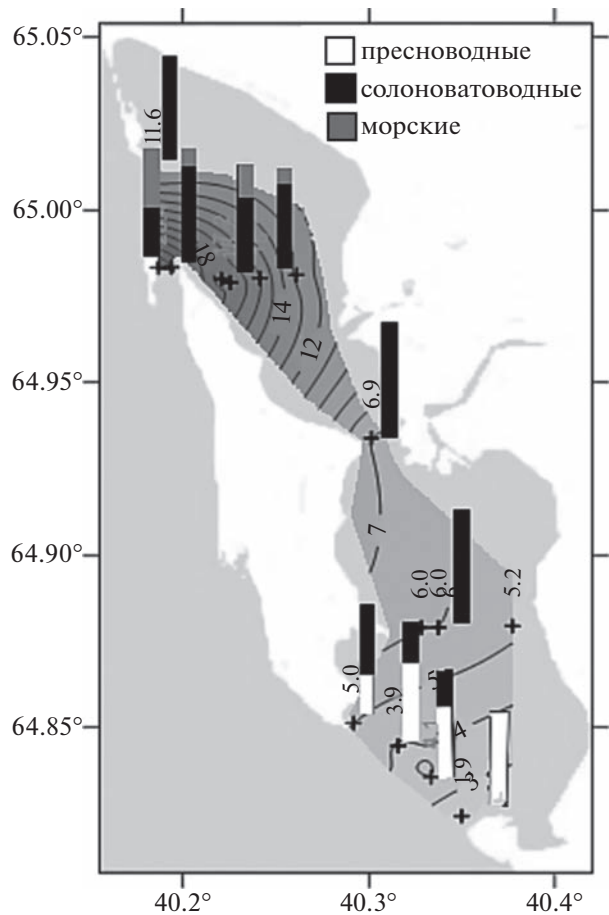


Рис. 7. Распределение экологических групп зоопланктона в губе Сухое Море в зависимости от солености.

нозе составляла 55% от общего числа при солености 25 psu (рис. 7).

На устьевом взморье у о-ва Лебедин в зоне смешения морских и речных вод (южная оконечность губы, ст. 5 и 4а) наблюдался четко выраженный градиент солености (рис. 2), структурирующий зоопланктонное сообщество на данном участке по вертикали и горизонтали. В поверхностном горизонте преобладали пресноводные виды, выносимые в акваторию залива водами

р. Северная Двина, в придонном горизонте — солоноватоводные и морские виды (рис. 7). Для оценки влияния факторов среды на зоопланктонные сообщества использовали непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена (табл. 2). Согласно полученным результатам, температура воды (значимая отрицательная связь с численностью и биомассой) и соленость (значимая положительная связь с биомассой) — это основные факторы, влиявшие на количественные показатели зоопланктона. Общее число

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмена

	N	B	n	Tw	S
<i>N</i> , тыс. экз./м ³	1.00	0.79	−0.06	−0.79	0.27
<i>B</i> , г/м ³	0.79	1.00	0.08	−0.92	0.66
<i>n</i>	−0.06	0.08	1.00	−0.08	0.44
<i>Tw</i> , °C	−0.79	−0.92	−0.08	1.00	−0.69
<i>S</i> , psu	0.27	0.66	0.44	−0.69	1.00

Примечание. Tw — температура воды, S — соленость. Жирным шрифтом выделены значимые значения при уровне *p* < 0.05.

видов имело умеренную положительную связь с соленостью, значимую при уровне $p < 0.2$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что в исследованном районе Белого моря сформировался теплопроводный бореально-космополитический зоопланктонный комплекс, возникший благодаря мелководности губы Сухое Море и хорошему прогреву поверхностных вод в летний период. Зоопланктонное сообщество губы, представленное 34 видами, в основном неритическими, характеризовалось высокими количественными показателями, по численности и биомассе в нем доминировали копеподы. Существенный вклад в формирование общей численности зоопланктона вносили науплии копепод.

Численность и биомасса планктона в заливе на полной воде составляли 37 тыс. экз./м³ и 0.6 г/м³ (медианные значения). Максимальные значения наблюдались в северо-восточной и центральной частях губы. Численность и биомасса планктона на малой воде достигали 210 тыс. экз./м³ и 1.7 г/м³ (медианные значения). Эти результаты близки к литературным данным, приведенным ранее для других районов Белого моря: Никольская губа — 32.1 тыс. экз./м³ и 0.2 г/м³, губа Кереть — 50.8 тыс. экз./м³ и 0.4 г/м³ и губа Чупа — 13.7 тыс. экз./м³ и 0.2 г/м³ (Примаков, 2004; Примаков и др., 2009).

Закономерности количественного распределения зоопланктона в акватории Сухого Моря связаны с особенностями циркуляции вод. В северной части залива основной водообмен происходит через прол. Железные Ворота. Приливные течения движутся в северо-восточном направлении, далее поток разворачивается на юг. В южной части губы приливные течения поворачивают сначала на восток, а затем на север с частичным затокном вод в северную часть. Поворот течений приводит к образованию в южной части круговоротов — циклоническому с адвекцией соленой воды на приливе и антициклоническому при отливе с захватом пресной воды. На полной воде течения из северной и южной части несут зоопланктон к перешейку у мыса Заячий (ст. 21), образуя зону его повышенного обилия в центральной части залива.

На отливе течения движутся в обратном направлении. В период малой воды повышенные значения численности и биомассы зоопланктона отмечали в южной (ст. 5 и 4а) и северной частях залива (ст. 8). На ст. 8 отлив наступал на 25 мин позже. К тому же этот район расположен в зоне зарастания, и макрофиты выступали в роли барьера (Мосеев и др., 2018), препятствуя оттоку зоопланктона вглубь залива на малой воде, что влияло на количественные значения зоопланкто-

на на этом участке. Повышенные значения численности и биомассы зоопланктона на станциях устьевого взморья могут быть связаны с высокими количественными показателями гидробионтов в придонных слоях на приливе.

Известно, что соленость воды — это лимитирующий фактор, влияющий на зооценозы (Хлебович, 1974, 1986; Сафьянов, 1987). В период наших исследований на устьевом взморье у о-ва Лебедин в зоне смешения морских и речных вод на полной воде градиент солености структурировал зоопланктонное сообщество по вертикали. В северной и центральной частях Сухого Моря, благодаря хорошему перемешиванию вод и морфометрическим особенностям района, градиент солености формировался по горизонтали. Он обуславливал изменение видовой структуры и обилия зоопланктона в заливе. Структура зоопланктонных сообществ в зависимости от солености вод менялась с юга на север. Наблюдалось постепенное замещение пресноводных форм солоноватоводными и морскими. Наибольшее количество видов зарегистрировано на границе соприкосновения разных сообществ.

Губу Сухое Море можно рассматривать как экотон, переходную зону между пресноводным сообществом р. Северная Двина и морским сообществом Двинского залива Белого моря. Большое видовое разнообразие на границе сообществ можно объяснить явлением “краевого эффекта” (Green, 1968; Беклемишев, 1969; Attrill, 2002; Дроздов и др., 2005).

Влияние приливо-отливной гидродинамики на зоопланктонное сообщество губы Сухое Море проявлялось в увеличении плотности зоопланктона в малую воду по сравнению с полной водой и уменьшении численности зоопланктона в период смены вод. Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона соответствовали фазе малой воды приливо-отливного цикла. Гидрологический режим обуславливал мозаичность распределения биомассы и численности зоопланктона в заливе. Высокие значения количественных характеристик зоопланктона на полной воде отмечали в центральной части залива, что, вероятно, связано с наличием зарослей тростника обыкновенного *Phragmites australis* (см. Мосеев и др., 2018). Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона на малой воде были отмечены в южной части Сухого Моря на устьевом взморье.

Таким образом, структура, обилие и пространственное распределение зоопланктона в губе Сухое Море обусловлены влиянием сложного комплекса факторов внешней среды — температурой, соленостью, динамикой приливо-отливных явлений, а также мелководностью водоема.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Фундаментальной научно-исследовательской работы № 122011800149-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беклемишев К.В.* Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука. 1969. 291 с.
- Бродский К.А.* Веслоногие рачки (Calanoida) дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1950. 441 с.
- Бузалева Л.С., Богатыренко Е.А., Голозубова Ю.С., Ким А.В.* Влияние антропогенного загрязнения на качество прибрежных вод рекреационных зон Приморского края // *Фундамент. исслед.* 2014. № 11. С. 2423–2425.
- Гидрология устьевой области Северной Двины. М.: Гидрометеиздат. 1965. 376 с.
- Дерюгин К.М.* Фауна Белого моря и условия ее существования // *Исследование морей СССР.* Л.: Гос. гидр. ин-т. 1928. Вып. 7–8. 511 с.
- Дроздов В.В., Смирнов Н.П., Гасанова Э.Г.* Влияние солености воды на видовой состав биоценозов и формирование экотон в Балтийском море // *Уч. записки Росс. гос. ун-та.* 2005. № 1. С. 109–136.
- Инструкции по сбору и обработке планктона. М.: Изд-во ВНИРО. 1971. 82 с.
- Курилов А.В.* Инфузории прибрежных биотопов Одесского залива // *Экология моря.* 2000. Вып. 52. С. 9–11.
- Ляхницкий В.Е.* Изыскания в устьях р. Северной Двины, произведенные в 1915–1916 гг. для составления проекта аванпорта у г. Архангельска. Атлас чертежей. Тр. Отдела торговых портов. Петроград: Типолитография Г. де-Кельш. 1917. Вып. XLIX.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ. 1982. 34 с.
- Мискевич И.В., Мосеев Д.С., Брызгалов В. В.* Комплексные экспедиционные исследования северной части Сухого моря в Двинском заливе Белого моря. Архангельск: СОЛТЕК. 2018. 74 с.
- Михайлов В.Н.* Гидрология устьев рек. М.: Изд-во МГУ. 1998. 176 с.
- Мосеев Д.С., Крячунас В.В., Игловский С.А. и др.* Состояние экосистемы губы Сухое море на юго-востоке Двинского залива Белого моря // *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность.* 2018. С. 832–837.
- Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его изменение. М.: Мир. 1992. 184 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 2010. Т. 1. 495 с.
- Перцова Н.М.* Состав и динамика биомассы зоопланктона пролива Великая Салма Белого моря // *Биология Белого моря.* М.: Изд-во МГУ. 1962. Т. 1. С. 35–50.
- Перцова Н.М.* Средние веса и размеры массовых видов зоопланктона Белого моря // *Океанология.* 1967. Т. 7. № 2. С. 305–313.
- Перцова Н.М., Сахарова М.И.* Особенности развития зоопланктона в прибрежных районах Канда拉克шского залива (Великая Салма) в 1966–1967 гг. // *Биология Белого моря.* М.: Изд-во МГУ. 1970 Т. 3. С. 22–33.
- Перцова Н.М.* Зоопланктон Горла Белого моря и Мезенского залива // *Экология и физиология животных и растений Белого моря.* М.: Изд-во МГУ, 1983. Т. 6. С. 17–25.
- Перцова Н.М., Кособокова К.Н.* Межгодовые изменения биомассы и распределения зоопланктона в Канда拉克шском заливе Белого моря // *Океанология.* 2002. Т. 42. № 2. С. 240–248.
- Примаков И.М.* Структура планктонного сообщества в устьевой части губы Чупа: опыт многомерного анализа // *Морские и пресноводные биосистемы севера Карелии.* Тр. БиНИИ СПбГУ. Вып. 51. 2004. С. 138–152.
- Примаков И.М., Иванова Н.А., Ласовецкая О.А., Чернова Е.Н.* Исследования морского зоопланктона в Керетской губе // *Вестн. СПб гос. ун-та.* 2009. Сер. 3. Вып. 3. С. 135–144.
- Прыгункова Р.В.* Пространственно-временные изменения структуры и количества зоопланктона Канда拉克шского залива Белого моря в летний период // *Тр. ЗИН АН СССР.* 1987. Т. 172. С. 68–82.
- Рейнеке М.Ф.* Гидрографическое описание Северного берега России. Белое море. СПб.: Мор. тип. Ч. 1. 1883. 514 с.
- Руководство по гидробиологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 724 с.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат. 1980. 192 с.
- Сафьянов Г.А.* Эстуарии. М.: Мысль. 1987. 189 с.
- Селифонова Ж.П.* Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря // *Биол. моря.* 2012. Т. 38. № 1. С. 3–10.
- Хлебович В.В.* Особенности состава водной фауны в зависимости от солености среды // *Журн. общ. биол.* 1962. Т. 23. № 2. С. 90–97.
- Хлебович В.В.* Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука. 1974. 236 с.
- Хлебович В.В.* К биологической типологии эстуариев Советского Союза // *Тр. ЗИН АН СССР.* Л.: Наука. 1986. Т. 141. С. 5–16.
- Численко Л.Л.* Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. М.: Изд-во МГУ. 1981. 208 с.
- Attrill M.J., Rundle S.D.* Ecotone or ecocline ecological boundaries in estuaries // *Estuarine, Coastal Shelf Sci.* 2002. V. 55. P. 929–936.
<https://doi.org/10.1006/ecss.2002.1036>
- Green J.* The biology of estuarine animals. Seattle: Univ. of Washington Press. 1968. 401 p.

The Structure of the Zooplankton Communities in Sukhoe More Bay, Southeastern White Sea

E. I. Sobko^a, S. I. Klimov^a, N. V. Neverova^a, and O. Yu. Moreva^a

^a*Lavrov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, 163000 Russia*

This paper presents the results of our investigation of the zooplankton communities from Sukhoe More Bay, located in the southeastern part of Dvina Bay of the White Sea, in July–August, 2018. The species composition, quantitative characteristics and spatial distribution of zooplankton were studied. The zooplankton communities are composed of 34 species of hydrobionts. Copepods were the dominant group in the entire study area. The zooplankton communities were characterized by high quantitative indicators. Juvenile stages of copepods were a significant contribution to the formation of the total number of zoocenoses. During high water level, the abundance of zooplankton was 37 000 ind./m³, biomass, 0.6 g/m³ (wet weight). During low water level these parameters were 210 000 ind./m³ and 1.7 g/m³ (wet weight), respectively. The structure, abundance and spatial distribution of zooplankton in the bay are determined by the morphometric features of the reservoir (shallow water), the influence of a complex of environmental factors (temperature and salinity), as well as tidal phenomena.

Keywords: White Sea, coastal ecosystems, salinity gradient, zooplankton, biodiversity