

УДК 574.523

ЗООПЛАНКТОН ЗАЛИВОВ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ: СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, РОЛЬ В ВЫЕДАНИИ ФИТОПЛАНКТОНА И БИОСЕДИМЕНТАЦИИ

© 2018 г. А. Б. Амелина¹*, А. В. Дриц¹, В. М. Сергеева¹, К. А. Соловьев¹,
Н. А. Беляев¹, О. М. Дара¹, А. Б. Демидов¹, М. В. Флинт¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: anastasia.nikishina@gmail.com

Поступила в редакцию 12.12.2016 г.

После доработки 29.01.2018 г.

Впервые проведены исследования сообществ зоопланктона в двух заливах (Благополучия и Цивольки) восточного побережья архипелага Новая Земля. Основу биомассы зоопланктона (76–93%) заливов составляли копеподы рода *Calanus* – *C. glacialis/finmarchicus* и *C. hyperboreus*. Наибольшего обилия эти копеподы достигали в заливе Благополучия. Суммарная численность (70 тыс. экз/м²) и биомасса (60 г/м²) популяции многократно превышали максимальные значения полученные для шельфа Карского моря. Величины рационов этих копепод у разных возрастных стадий составили от 1.5 до 20 мкг С/экз сут. Выедание зоопланктоном биомассы и продукции фитопланктона изменялось от 1.5–15.6% и от 3 до 127%, соответственно. Поток органического углерода и взвешенного вещества, заключенных в пеллетах калянуса, в этом заливе достигали 157.5 мг C_{орг}/м²/сут и 1574 мг/м²/сутки. В заливе Цивольки суммарная биомасса зоопланктона (6.6 г/м²) была в несколько раз ниже. Это привело к снижению его роли в утилизации фитопланктона (0.6–2.4% биомассы и 1.9–18% продукции фитопланктона), а также менее интенсивному потоку взвешенного вещества (47.8 мг/м²/сут) и органического углерода пеллет в этом заливе (2.6 мг C_{орг}/м²/сут).

DOI: 10.1134/S0030157418060011

ВВЕДЕНИЕ

Среди арктических окраинных морей Карское море выделяется большим разнообразием экологических условий. Это разнообразие обусловлено гидрологическими особенностями самого водоема, в первую очередь, мощным влиянием пресноводного стока рек Оби и Енисея. Среди многообразия биотопов Карского моря особое место занимают заливы архипелага Новая Земля – один из крупнейших радиоактивных могильников в мире. Особенности структуры пелагических сообществ заливов во многом определяют процессы биотрансформации взвешенного вещества, уровень возможного вовлечения радиоактивных загрязнений в трофические цепи и механизмы их биологического переноса. Ключевую роль в этих процессах играет зоопланктон [37, 38, 48]. Вместе с тем, на фоне достаточно детальной изученности зоопланктона Карского моря [1, 3, 5–8, 13, 14, 23–25, 27], зоопланктон заливов архипелага Новая Земля и его роль в биотрансформации взвешенного вещества практически не исследованы.

Цель нашей работы – исследование состава и распределения зоопланктона, количественных

характеристик питания, а также оценка его роли в процессах трансформации взвешенного вещества в двух заливах северного острова архипелага Новая Земля – заливе Благополучия и Заливе Цивольки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследований был собран в 125- и 128-м рейсах НИС “Профессор Штокман” в двух заливах северного острова архипелага Новая Земля. В сентябре 2013 г. исследования были проведены в зал. Благополучия, а в конце августа 2014 г. – в зал. Благополучия и зал. Цивольки (рис. 1). Кроме того, для сравнения заливов с открытым морем были использованы данные со станции 128-71 (71.125° с.ш., 58.299° в.д.) в юго-западной части Карского моря.

Пробы для определения концентрации хл. “a”, органического углерода взвеси и общей взвеси были собраны батометрами Нискина комплекса *Rosett SeaBird SBE* на 4–5 горизонтах, выбранных на основании профилей вертикального распределения температуры и флуоресценции.

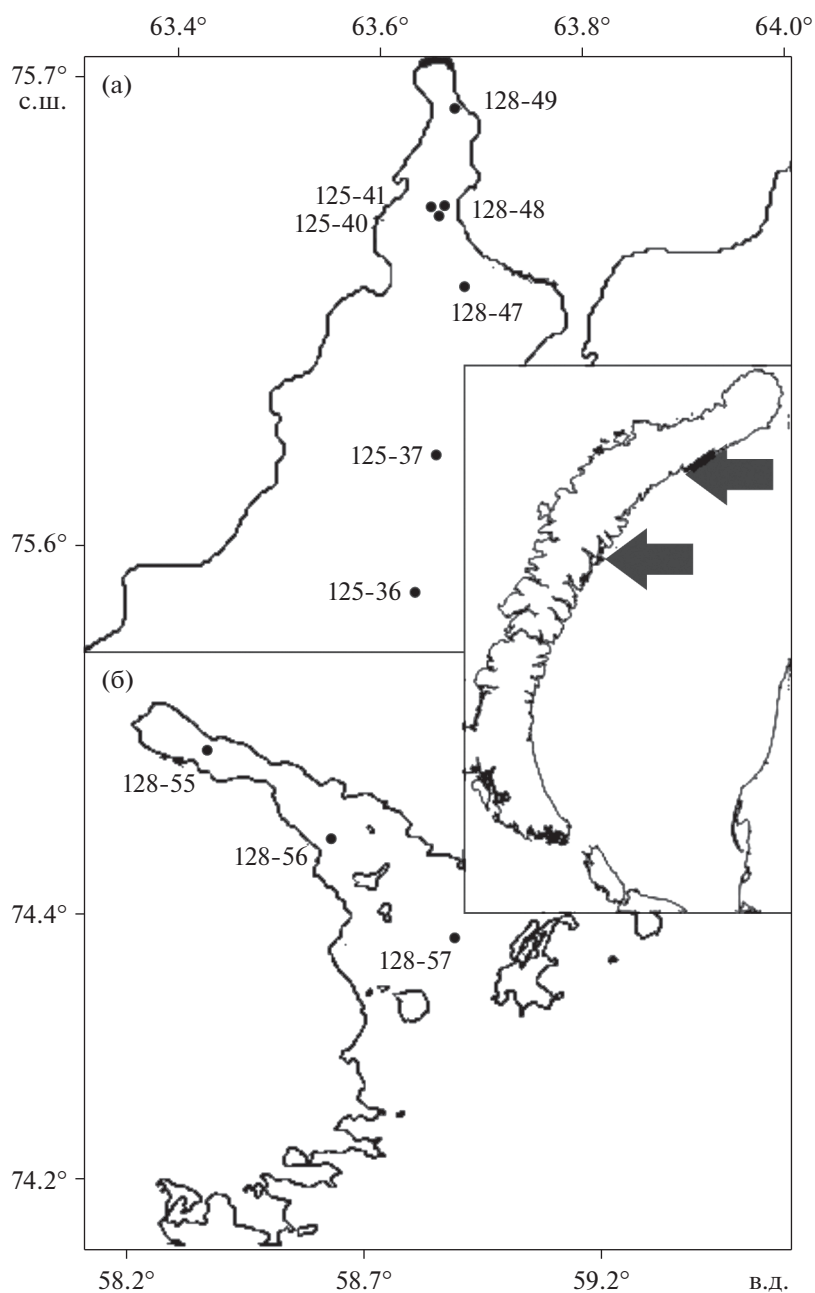


Рис. 1. Карта района исследований с расположением станций 125-го и 128-го рейсов НИС “Профессор Штокман”, (а) – зал. Благополучия, (б) – зал. Цивольки.

Методика сбора и фильтрации проб хлорофилла а приведена в [1]. Концентрацию фитопигментов рассчитывали по методике [42]. Первичную продукцию (ПП) измеряли радиоуглеродным методом по методике, описанной в [2, 4, 41].

Для определения концентрации органического углерода взвеси (C_{org}) 1 л воды фильтровали на прокаленный GF/F фильтр и определяли C_{org} на анализаторе общего углерода Shimadzu TOC-VCPH.

Для определения общих концентрации взвеси (S) 4 л морской воды фильтровали под вакуумом (0.3 атм) через предварительно взвешенные поликарбонатные ядерные фильтры диаметром 47 мм и размером пор 0.45 мкм. С каждого горизонта фильтровали по три пробы. После фильтрации фильтры промывались деионизированной водой, высушивались и хранились в герметичной упаковке. Концентрацию взвеси определяли в стационарных условиях взвешиванием с точностью до

0.1 мг после доведения фильтра до постоянного веса в эксикаторе.

Минеральный состав морской взвеси и фекальных пеллет копепод был исследован с использованием рентгенографического фазового анализа. Исследуемое вещество, после истирания в агатовой ступке, осаждалось из спиртовой суспензии в центр низкофоновой кюветы, изготовленной из монокристалла кремния. Анализ был выполнен в ИОРАН на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker AXS), Cu-K α , с Ni 0.02-фильтром, 40 kV, 40 mA, с линейным детектором LYNXEYE. Сканирование в дискретном режиме с шагом 0.02, экспозицией 8 с/шаг в интервале 2.5°–70°, с вращением. Для первичной обработки, расшифровки спектров и расчета использована программа DIFFRAC.EVA. Для количественного анализа использовались корундовые числа из базы данных ICDD.

Пробы зоопланктона для определения видового состава и численности были собраны сетями Multinet, площадь входного отверстия 0.125 м², размер ячеи 180 μ . Горизонты облова выбирали следующим образом: дно – 50 м, в верхнем 50-метровом слое выделяли 2 горизонта на основании вертикального распределения температуры и хлорофилла. Подробно метод сбора и обработки планктонных проб описан в [13]. Индивидуальный сырой вес животных, а также вес в единицах углерода определяли по методике, описанной в [1]. В каждом заливе распределение и питание зоопланктона исследовали в светлое и темное время суток, чтобы учесть характерные для этих параметров суточные изменения [26, 32].

Активность потребления фитопланктона определяли флуоресцентным методом [31] на основании количества фитопигментов в кишечниках копепод и личинках *Vivalvia*. Более подробно эта методика определения приведена в [1]. Суточное потребление фитопигментов (I_{ph} , нг/экз сут) рассчитывали по формуле $I_{ph} = (G^1 * T) / T_{ph} + (G^2 * (24 - T)) / T_{ph}$, где G (нг/экз) количество пигментов в светлое (1) и темное (2) время суток, а T продолжительность светлого времени суток (часы), T_{ph} – время переваривания водорослей. В середине сентября 2013 г. T составляло 14 ч, а в конце августа 2014 г. – 18 ч. Время переваривания T_{ph} для копепод брали из литературных данных [35]. Для определения времени переваривания пищи личинками *Vivalvia* был поставлен инкубационный эксперимент. Личинок отбирали по 130 штук в банки объемом 250 мл. До начала эксперимента была взята подпроба воды для определения начальной концентрации хлорофилла в экспери-

менте. Затем банки были помещены на планктонное колесо, обеспечивающее вращение со скоростью 1 оборот в минуту. Инкубация проходила при температуре 1.5–2°C в течение 26.5 ч. Для контроля изменений концентрации хлорофилла в процессе эксперимента 2 банки объемом 250 мл были заполнены той же водой, что и экспериментальные банки и помещены вместе с ними на планктонное колесо. По окончании эксперимента животные были удалены из экспериментальных банок с помощью пастеровской пипетки под бинокляром и помещены в пробирки с ацетоном для определения содержания растительных пигментов в самих животных. Воду из экспериментальных и контрольных банок отфильтровывали на GF/F фильтры. Всего в эксперименте было сделано два начальных контроля, два конечных и три экспериментальных банки с животными. Время переваривания пищи T_{ph} (часы) была рассчитана по формуле приведенной в [24].

Расчет суточного потребления фитопланктона зоопланктерами в единицах органического углерода проводили, используя отношение концентрации хлорофилла к биомассе фитопланктона в единицах углерода C_{ph}/Chl . Данные по биомассе фитопланктона были любезно предоставлены И.Н. Сухановой и В.М. Сергеевой.

Для расчета суточного рациона тоже использовали соотношение C_{org}/Chl , учитывая потенциальную возможность потребления детрита и гетеротрофного микропланктона копеподами [30, 33, 45].

На основании данных о численности зоопланктеров и скорости потребления ими хлорофилла был оценен вклад массовых растительноядных видов в поток органического углерода и общей взвеси. Для расчета потока материала фекальных пеллет в единицах органического углерода использовали соотношение C_{org}/Chl , принимая усвояемость пищи в желудках копепод 0.6 [21]. Скорость потребления зоопланктерами неорганической взвеси рассчитывали через соотношение $(S - C_{org})/Chl$. Так как копеподитные стадии видов *C. glacialis* и *C. finmarchicus* перекрываются по размерам и морфологически трудно различимы, эти животные были объединены в одну группу *Calanus glacialis/finmarchicus*. Все дальнейшие расчеты потребления хлорофилла и взвешенного вещества проводились для этой объединенной группы.

Для оценки скорости оседания фекальных пеллет копепод *Calanus glacialis/finmarchicus*, отобранных из верхнего 50-метрового слоя сетью Джели, помещали в фильтрованную воду, и инкубировали в течение часа при температуре 1.5–2°C в высоком 2-литровом стакане. Затем со дна ста-

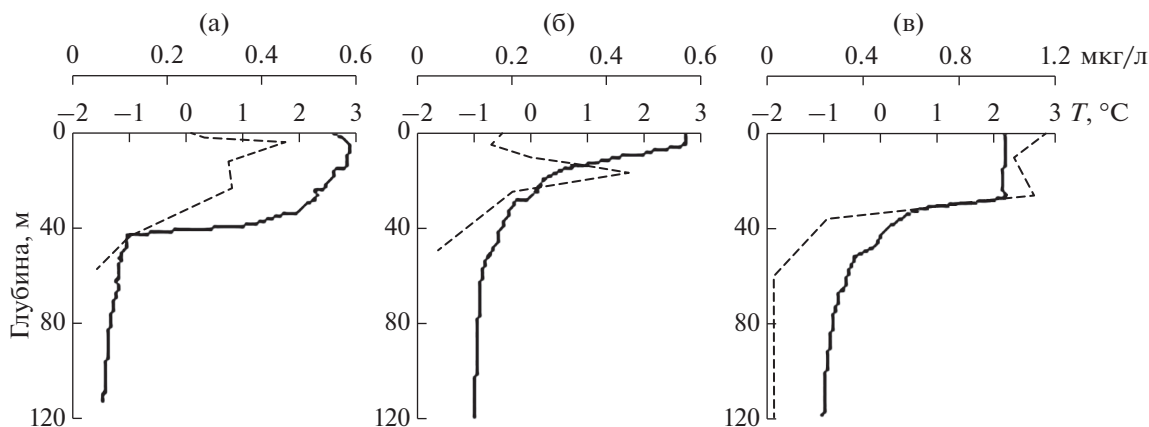


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (сплошная линия) и концентрации хлорофилла-а (пунктир), (а) – ст. 125-41 (2013 г.), (б) – ст. 128-49 (2014 г.), (в) – 128-56 (2014 г.).

кана собирали осадок и под бинокляром отбирали из него фекальные pellets копепод с ненарушенной оболочкой. Скорость оседания фекальных pellets измеряли в цилиндре объемом 500 мл. Цилиндр наполняли морской водой с температурой 2°C. Предварительно измеренную pellet помещали в верхнюю часть цилиндра и засекали время, за которое она опускалась на 10 см. Объем фекальной pellet рассчитывали по формуле объема цилиндра на основании предварительно измеренной длины и ширины pellet.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика района исследований

В 2013 г. в зал. Благополучия верхний прогретый слой составлял 25 м (рис. 2а). Слой термоклина достигал глубины 45 м, глубже температура была постоянной – около –1.2°C. Вертикальное распределение хлорофилла было равномерным в верхнем слое, концентрация хлорофилла в нем составляла 0.3–0.4 мкг/л. Ниже слоя термоклина концентрация хлорофилла снижалась до нуля. В 2014 г. верхний перемешанный слой в этом заливе составлял 5 м, ниже температура постепенно снижалась, а с глубины 60 м была –1°C. Концентрация хлорофилла была невысокой, она составляла на поверхности 0.18 мкг/л и достигала максимума (0.45 мкг/л) на глубине 17 м. В зал. Цивольки толщина верхнего перемешанного слоя достигала 12 м (рис. 2в). Ниже этого слоя наблюдалось снижение температуры и на глубине 35 м она составляла –1°C. Во всей толще верхнего слоя концентрация хлорофилла была около 1 мкг/л. Глубже 30 м концентрация хл “а” приближалась к нулевой. Содержание хл “а”, величина первичной продукции, количество общего взвешенного вещества и взвешенного органического углерода,

а также их соотношения и соотношение биомассы фитопланктона к хлорофиллу для верхнего 50-метрового слоя приведены в табл. 1. Соотношение биомассы фитопланктона к хлорофиллу во все периоды наблюдений было низким – 13–17. Соотношение органического углерода к хлорофиллу было наибольшим в зал. Благополучия в 2014 г. и во все периоды наблюдений в заливах оно было выше, чем на ст. 128-71. Содержание общей взвеси в 50-м слое в несколько раз превышало значение S на ст. 128-71. Процент органического углерода в общей взвеси в зал. Цивольки был в два раза ниже, чем в зал. Благополучия, и в четыре раза ниже, чем на ст. 128-71.

Рентгендифрактометрический анализ взвеси показал, что преобладающей является группа литогенных обломочных минералов – кварц, полевые шпаты и минералы группы пироксенов (табл. 2). Минералы группы глин – хлорит, каолинит, иллит, мусковит – также вносят существенный вклад в состав минеральной взвеси (30–48%). Вклад группы карбонатных минералов (доломит, кальцит, арагонит) не превышал 10%.

Состав, биомасса

и вертикальное распределение зоопланктона

Основу биомассы зоопланктона заливов составляли копеподы рода *Calanus* – *C. glacialis/finmarchicus* и *C. hyperboreus* (рис. 3а). Доля этих видов в общей сырой биомассе зоопланктона в зал. Благополучия составляла от 83% (2014 г.) до 93% (2013 г.), в зал. Цивольки – 76%. Во всех районах исследования наиболее многочисленна была группа *C. glacialis/finmarchicus*. Среди других массовых видов можно отметить копепод *Oithona similis* и *Microcalanus pygmaeus*. В 2013 г. в этом заливе наблюдались высокие численности личинок

Таблица 1. Параметры среды: хлорофилл “а”, первичная продукция, общее взвешенное вещество и взвешенный органический углерод, а также их соотношения в верхнем 50-метровом слое в исследованных заливах и в Юго-Западной части Карского моря

Залив, год	Ст.	<i>Chl a</i> , мг/м ²	ПП, мг С/м ² сут	<i>C_{org}</i> , г/м ²	<i>C_{ph}/Chl a</i>	<i>C_{org}/Chl a</i>	<i>S</i> , г/м ²	% <i>C_{org}</i> в общей взвеси
Благополучия, 2013	125-36	22.7	36	6.95	13	271.48	31.95	21.75%
	125-37	26.5	28					
	125-40	25.6	30					
	125-41	14.1	17					
Благополучия, 2014	128-47	9.8	114	6.4	17	537.82	26.1	24.52%
	128-48	13.7	57					
	128-49	11.9	81					
Цивольки, 2014	128-55	5.9	11	4.93	15	247.74	40	12.33%
	128-56	19.9	102					
	128-57	22.1	73					
Юго-Западная часть Карского моря	128-71	25.3		4.3		169.96	8.22	52.31%

Таблица 2. Минеральный состав морской взвеси (ст. 125-40) и pellets *C. glacialis/finmarchicus* по данным рентгенографического фазового анализа

		Кварц	Альбит	Калиевые полевые шпаты	Диопсид	Кальцит	Доломит	Арагонит	Гипс	Мусковит, иллит	Каолинит	Хлорит	Тальк
Взвесь	0 м	32	13	8	4	4	2		1	24		12	
	10 м	26	7	7	3	4	1	3	1	26	5	17	
	20 м	26	8	7	3	4	1	1	1	22	5	22	
	30 м	26	8	8	4	4	1		1	27	4	12	5
	55 м	24	6	3	2	4	4	1	1	25	3	27	
Интегральное среднее для слоя 55–0 м		26	8	7	3	4	2	1	1	25	4	18	2
Пеллеты		15	7	9	5	5	1	4		24	6	16	8

Bivalvia. Суммарная биомасса зоопланктона в 2013 г. была значительно выше, чем в 2014, 322.5 и 120.8 мг/м³ соответственно. Эти различия связаны с изменениями численности и возрастного состава популяций видов рода *Calanus*. Максимальная численность этих копепоид наблюдалась в зал. Благополучия в 2013 г. (рис. 3б), и составила 69.7 тыс. экз/м². При этом наиболее многочисленны были копепоидитные стадии СIII и CIV, что и обусловило высокую биомассу зоопланктона в этот период. В 2014 г. в этой группе планктона преобладали более ранние возрастные стадии –

СII–СIII. В зал. Цивольки численность копепоид рода *Calanus* и общая биомасса была значительно ниже, чем в зал. Благополучия, достигая соответственно 8.2 тыс. экз/м² и 66.8 мг/м³.

Вертикальное распределение копепоид *C. glacialis/finmarchicus* отличалось в темное и светлое время суток (рис. 4). В 2013 г. старшие копепоидитные стадии этих копепоид (CIV–CVI) в светлое время суток обитали преимущественно глубже 50 м, а в ночные часы поднимались в слой 10–50 м. В 2014 г. суточные миграции этих животных были слабо выражены. Младшие стадии копепоид *C. gla-*

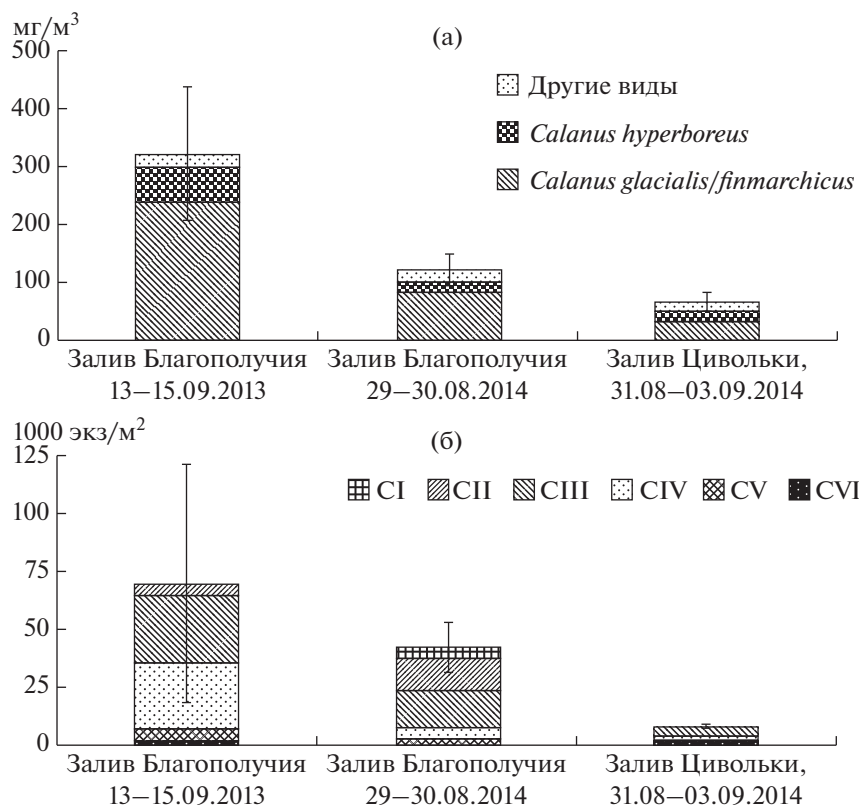


Рис. 3. Сырая биомасса зоопланктона и видов рода *Calanus* в районах исследования (а), и возрастная структура видов рода *Calanus* в районах исследования (б).

cialis/finmarchicus во все периоды наблюдений находились в верхнем 50-метровом слое. Другие массовые виды зоопланктона, *O. similis* и *M. pygmaeus*, обитали преимущественно ниже 50 м, как в дневное, так и в ночное время.

Питание зоопланктона и потребление им фитопланктона

В табл. 3 приведены данные по содержанию растительных пигментов в желудках копепод в дневное и ночное время суток, а также расчетные величины суточных рационов зоопланктеров в единицах фитопигментов и углерода. Суточные изменения активности питания были выражены у старших копеподитных стадий (CIII–CVI) *C. glacialis/finmarchicus*. У *O. similis* достоверные различия в активности питания были обнаружены только в заливе Цивольки. У *M. pygmaeus* изменение суточной активности потребления хлорофилла не наблюдалось. Наиболее высокие значения содержания растительных пигментов в желудках копепод были отмечены в 2013 г.

Результаты инкубационного эксперимента показали, что скорость переваривания пищи личинками *Bivalvia* составила 14.5 ч.

На основании данных о численности зоопланктеров и их пищевой активности, используя соотношение концентрации хлорофилла и биомассы фитопланктона в углероде, было рассчитано выедание биомассы и продукции фитопланктона зоопланктоном (табл. 4). Потребление фитопланктона в единицах хлорофилла было наибольшим в зал. Благополучия в 2013 г. Это было обусловлено высоким содержанием растительных пигментов в желудках копепод и их высокой численностью в этот период. Максимальным выедание фитопланктона было на ст. 125-36, где численность копепод рода *Calanus* в верхнем 50-метровом слое достигала 120 тыс. экз/м². Наименьшее выедание фитопланктона наблюдалось в зал. Цивольки.

В зал. Благополучия основной вклад в потребление фитопланктона вносили копеподы группы *Calanus*. Однако роль в нем разных копеподитных стадий отличалась в разные годы (рис. 5а, 5б). В 2013 г. более 50% суточного потребления хлорофилла приходилось на копеподитную стадию CIV, на CIII – 35%. Вклад старших копеподитных стадий CV–CVI составлял 11%, а самых младших – CI–CII – около 2%. Вклад личинок *Bivalvia* со-

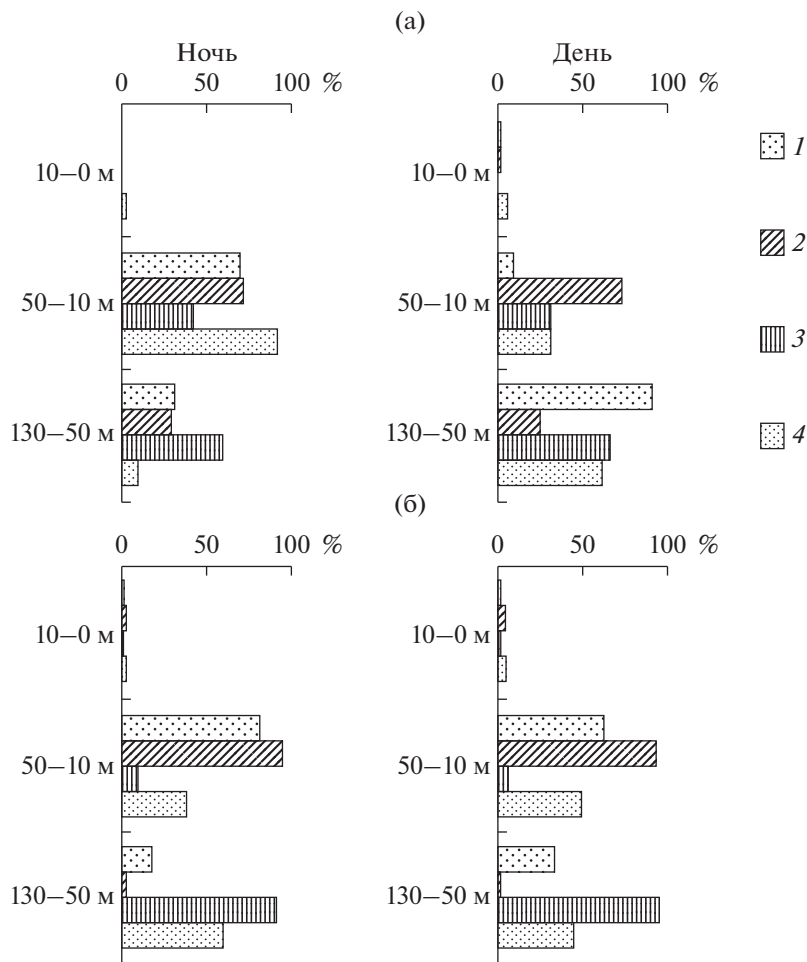


Рис. 4. Вертикальное распределение массовых видов копепод (1 – *C. glacialis/finmarchicus* CIV–CVI, 2 – *C. glacialis/finmarchicus* CI–CIII, 3 – *Microcalanus pygmaeus*, 4 – *Oithona similis*) в зал. Благополучия в темное и светлое время суток, (а) – ст. 125-40 (2013 г.), (б) – ст. 128-49 (2014 г.).

ставил менее одного процента. В 2014 г. доля копеподитной стадии CIII в общем потреблении хлорофилла увеличилась до 41%, а доля CIV уменьшилась до 14%. Вклад старших копеподитных стадий CV–CVI в потребление хлорофилла был незначительным (1%), а младших CI–CII вырос до 22%. Наравне с калянусом значительный вклад в выедание хлорофилла вносили мелкие копеподы *O. similis*, их доля в общем потреблении хлорофилла составила 21.6%.

В зал. Цивольки суммарное выедание биомассы фитопланктона зоопланктоном составляло 0.6–2.4%. Роль копепод рода *Calanus*, в отличие от зал. Благополучия, была невелика – 17% биомассы водорослей. Наибольший вклад в потребление фитопланктона вносила популяция копепод *O. similis* (41%). Доля других видов копепод, *Pseudocalanus sp.* и *M. pygmaeus*, составляла – 25 и 18% соответственно.

Состав фекальных пеллет

При исследовании фекальных пеллет *C. glacialis/finmarchicus* под микроскопом были обнаружены неорганические частицы. Рентгенофрактометрический анализ показал, что минеральный состав пеллет в целом схож с составом взвеси, однако имеет ряд существенных отличий (табл. 2). Основную долю минерального вещества фекальных пеллет, как и во взвеси, составляют мусковит, иллит, хлорит и кварц. Однако, доля кварца в составе пеллет значительно ниже (15%) по сравнению с его долей во взвешенном веществе (26%). Увеличивается доля глинистых минералов (каолинита) и талька. В целом, минеральный состав фекальных пеллет отличается увеличением доли более мягких и менее крупных частиц, способных коагулироваться в хлопья величиной до 20 μ [43].

Таблица 3. Содержание фитопигментов в желудках (G), суточное потребление фитопигментов (I_{ph}) и органического углерода (I_c) массовыми видами зоопланктона в верхнем 50-м слое (зал. Благополучия, 2013 г., 2014 г., зал. Цивольки, 2014 г). Среднее \pm стандартное отклонение, в скобках указано количество измерений, жирным шрифтом выделены достоверно различные значения для дневных и ночных наблюдений ($p < 0.02$)

Вид	Залив Благополучия, 2013				Залив Благополучия, 2014				Залив Цивольки, 2014			
	G, нг/экз		I_{ph} нг/экз сут	I_c мкг/экз сут	G, нг/экз		I_{ph} нг/экз сут	I_c мкг/экз сут	G, нг/экз		I_{ph} нг/экз сут	I_c мкг/экз сут
	день	ночь			день	ночь			день	ночь		
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CI–CII	0.17 \pm 0.05 (9)	0.36 \pm 0.08 (6)	7.11	1.93	0.04 \pm 0.06 (6)	0.29 \pm 0.21 (12)	3.00	1.62	0.1 \pm 0.03 (2)	0.1 \pm 0.05 (2)–	2.89	0.72
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CIII	0.2 \pm 0.06 (12)	1.56 \pm 0.85 (6)	22.16	6.02	0.24 \pm 0.21 (12)	0.2 \pm 0.1 (12)	6.72	3.62	–	0.73 \pm 0.5–	5.28	1.31
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CIV	0.39 \pm 0.23 (12)	2.76 \pm 1.72 (6)	39.83	10.81	0.19 \pm 0.08 (12)	0.47 \pm 0.08 (12)	7.56	4.07	0.08 \pm 0.02 (3)	1.14 \pm 0.92 (6)	10.03	2.48
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CV	0.67 \pm 0.23 (12)	5.32 \pm 3.38 (6)	75.41	20.47	–	2.38 \pm 1.57 (4)	17.17	9.23	–	–	–	–
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> fem	–	–	–	–	0.11	0.9	8.97	4.82	–	–	–	–
<i>Oithona similis</i> CIV–CVI	–	–	–	–	0.04 \pm 0.0 (6)	0.07 \pm 0.04 (9)	0.67	0.36	0.04 \pm 0.02 (9)	0.14 \pm 0.08 (6)	0.90	0.22
<i>Microcalanus pygmaeus</i> CIV–CVI	–	–	–	–	–	–	–	–	0.14 \pm 0.01 (3)	0.33 \pm 0.3 (2)	6.86	1.70
<i>Pseudocalanus</i> sp. CIII–CV	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.64 \pm 0.19 (3)	5.73	1.42
<i>Bivalvia</i>	1.08 \pm 0.07 (6)	1.08 \pm 0.25 (6)	1.79	0.49	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 4. Выедание биомассы и продукции фитопланктона зоопланктоном, средний объем и скорость оседания фекальных пеллет (ФП) copepod рода *Calanus* и поток материала этих пеллет в единицах органического углерода и общей взвеси в исследованных заливах и в Юго-Западной части Карского моря

Залив, год	Ст.	Потребление фитопланктона				Объем ФП, 10^6 мкм ³	Скорость оседания ФП, м/сут	Поток, мг/м ² сутки, (% от взвеси в воде)	
		мг Chl/м ² сут	% от биомассы фитопланктона	мг С/м ² сут	% от ПП			C _{org}	S
Благополучия, 2013	125-36	3.53	15.6	45.89	127.5	1.52 ± 0.6 (13)	247.34 ± 100.2	157.5 (2.3%)	1574.1 (4.93%)
	125-37	1.68	6.3	21.84	78.0				
	125-40	1.36	5.3	17.68	58.9				
	125-41	0.6	4.3	7.8	45.9				
Благополучия, 2014	128-47	0.18	1.8	3.06	2.7	1.15 ± 0.83 (9)	104.48 ± 16.73	53.1 (0.8%)	461.9 (1.77%)
	128-48	0.21	1.5	3.57	6.3				
	128-49	0.26	2.2	4.42	5.5				
Цивольки, 2014	128-55	0.13	2.2	1.95	17.7	1.36 ± 0.58 (12)	178 ± 46.74	2.6 (0.05%)	47.8 (0.12%)
	128-56	0.11	0.6	1.65	1.6				
	128-57	0.13	0.6	1.95	2.7				
Юго-Западная часть Карского моря	128-71					2.42 ± 1.36 (5)	20.68 ± 8.14		

Седиментация фекальных пеллет

Средние объемы и скорости оседания фекальных пеллет рода *Calanus* вместе с расчетными величинами потоков материала фекальных пеллет

приведены в табл. 4. Средние объемы пеллет в заливах были практически одинаковыми во все периоды наблюдений и незначительно уступали в размере тем, что были обнаружены на ст. 128-71.

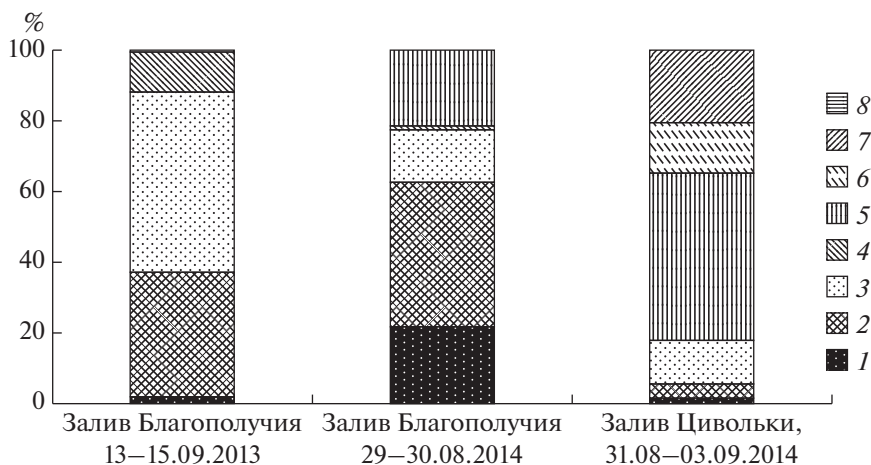


Рис. 5. Вклад разных групп зоопланктона в потребление фитопланктона. 1 – *C. glacialis/finmarchicus* CI–CII, 2 – *C. glacialis/finmarchicus* CIII, 3 – *C. glacialis/finmarchicus* CIV, 4 – *C. glacialis/finmarchicus* CV–CVI, 5 – *Oithona similis*, 6 – *Pseudocalanus* sp. CIII–CV, 7 – *Microcalanus pygmaeus*, 8 – *Bivalvia* larvae в зал. Благополучия и Цивольки.

В то же время скорость их оседания была в 5–12 раз выше, чем на станции 128-71. Поток вещества, заключенного в фекальных пеллетах был наибольшим в 2013 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наше исследование позволило впервые описать сообщества зоопланктона двух заливов архипелага Новой Земли, выявить их особенности и оценить роль в процессах биотрансформации и биоседиментации. Прежде всего, обращает на себя внимание чрезвычайно высокая биомасса и численность копепод *C. glacialis/finmarchicus* в зал. Благополучия. По нашим данным максимальная биомасса *Calanus glacialis/finmarchicus* (20–60 г/м²) многократно превышала максимальные значения приведенные в работе [13] для шельфа Карского моря (<5 г/м²). Даже в таком высокопродуктивном районе, как центральная часть акватории Баренцева моря, биомасса этих копепод в летний период составляет 20 г/м² [47]. По численности (70 и 42 тыс. экз/м² в 2013 и 2014 г. соответственно, максимальная численность 130 тыс. экз/м²) эти скопления превышали годовой максимум во фьордах Шпицбергена (27–35 тыс. экз/м²) [17–19, 39, 46, 49]. Во фьорде Конгсфьорд на западном побережье Шпицбергена численность копепод *C. glacialis/finmarchicus* в конце мая составляет в среднем 47 тыс. экз/м², с максимумом – 90.5 тыс. экз/м² [18], в июле–августе максимальные величины составляют менее 80 тыс. экз/м² [29]. Эти сравнения свидетельствуют о чрезвычайно высоком обилии копепод *C. glacialis/finmarchicus* в водах зал. Благополучия. Согласно гидрологическим наблюдениям в прибрежной зоне, прилегающей к заливу Благополучия, преобладают воды Баренцевоморского происхождения [12]. Кроме того, в этом районе возможны явления апвеллинга, в результате которых на шельф поступают глубоководные воды. Несмотря на наличие бара на входе в залив, существует свободный водообмен между прибрежной зоной и внутренней частью залива до глубин 70 м. При апвеллинге, поступающая на шельф более соленая вода, попадая в залив, обеспечивает обмен глубинных вод залива с шельфом. С течениями на шельф, а затем в залив заносятся животные, обитающие в глубоководных слоях воды в области континентального склона и прилегающих глубоководных районах. Согласно данным по обилию зоопланктона основную долю биомассы копепод в этих слоях составляют копеподы *C. glacialis* и *C. finmarchicus*. Таким образом, гидрофизические условия в районе залива Благополучия

обуславливают увеличение обилия копепод *C. glacialis/finmarchicus* как на прилегающем шельфе, так и во внутренней части залива. Резкое увеличение численности копепод рода *Calanus* под воздействием гидрофизических процессов в прибрежной зоне был описан для фьорда Гюлмар в проливе Скагеррак [30]. Согласно этим данным биомасса зоопланктона во фьорде увеличилась в десять раз за счет принесенных с течением старших стадий копепод *C. finmarchicus* и *C. helgolandicus*. Невысокая численность калянуса в зал. Цивольки, по-видимому, свидетельствует о меньшем влиянии глубоководных течений на прилегающие к заливу районы шельфа.

Полученные нами оценки интенсивности потребления растительных пигментов разными копеподитными стадиями *C. glacialis/finmarchicus* свидетельствуют о низкой скорости потребления фитопланктона этими копеподами в заливах по сравнению с прилегающими районами открытого моря. Например, по данным [1] на шельфе Карского моря при концентрации пищи 12.5–7.1 мг *Chl a*/м² суточное потребление водорослей копеподитными стадиями CIV, CIII и CII *C. finmarchicus* составляло 82.2, 19.8, 9.6 нг/экз сут. соответственно, что в 3–8 раз выше наших измерений при соответствующих концентрациях. Этот результат представляет особый интерес. Низкое потребление фитопланктона в заливах не могло быть обусловлено снижением концентрации хлорофилла, так как концентрация хлорофилла в этих районах была такой же или еще ниже – от 7.1–18 мг *Chl a*/м² [1]. Низкое по сравнению с литературными данными потребление хлорофилла было отмечено и у других копепод – *O. similis* и *Pseudocalanus* sp. В Северных районах Карского моря при схожих с нашими наблюдениями количествах пищи в воде суточное потребление хлорофилла составляло 3.8 нг/экз сут у ойтоны и 9–22 нг/экз сут у копеподитных стадий CIII–CV псевдокалянуса, что в 2–5 раз выше наших оценок [1]. Оценки интенсивности потребления фитопланктона копеподами *M. pygmaeus*, полученные в нашем исследовании, немного ниже, однако сопоставимы по величине с приводимыми в литературе данными [35]. Так, в Баренцевом море суточное потребление растительных пигментов самками этих копепод составляло в среднем 10 нг/экз сут. По нашим данным эта величина оставляла 7 нг/экз сут для копеподитных стадий CIV–CVI. В нашем исследовании концентрация хлорофилла была ниже, чем в исследовании [35], кроме того мы учитывали более мелкие стадии копепод, оба эти фактора могли занижить, полученные нами оценки.

Таблица 5. Величины среднесуточных рационов (I) на органическом взвешенном углероде и, в скобках, на углероде фитопланктона, дыхания (R) в процентах от веса тела (W, мкг С/экз) массовых видов растительного зоопланктона в исследованных заливах

вид	вес	R	Зал. Благополучия,	Зал. Благополучия,	Зал. Цивольки,
			2013	2014	2014
			I		
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CI–CII	4.56	4.2	42.3 (2)	35.5 (1.1)	15.8 (0.9)
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CIII	20.4	3.1	29.5 (1.4)	17.7 (0.5)	6.4 (0.4)
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CIV	75	2.4	14.4 (0.7)	5.4 (0.2)	3.3 (0.2)
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> CV	177	2	11.6 (0.6)	5.2 (0.2)	
<i>C. glacialis/finmarchicus</i> fem	210	2		2.3 (0.1)	
<i>Oithona similis</i> CIV–CVI	0.8	1.1		42.9 (1.2)	26.2 (1.2)
<i>Microcalanus pygmaeus</i> CIV–CVI	1.8	4.4			94.4 (5.6)
<i>Pseudocalanus</i> sp. CIII–CV	7.2	3.9			19.7 (1.3)
<i>Bivalvia</i>	1.2	0.7	40.8 (1.7)		

Интенсивность потребления фитопланктона разными видами копепод отразилась и в величинах их удельных рационов. Рассчитанные на основании данных таблицы 3 величины удельных рационов копепод, а также энергетические затраты на дыхание, рассчитанные по уравнению регрессии от веса тела и температуры среды [20, 28], приведены в табл. 5. Если предполагать, что исследованные копеподы питаются только растительной пищей, то для большинства из них энергетические затраты на дыхание будут превышать количество потребляемой энергии. Только у микрокалануса потребление фитопланктона покрывало энергетические затраты. Наиболее вероятной причиной снижения интенсивности потребления фитопланктона представляется высокая концентрация неорганической взвеси по сравнению с концентрацией фитопланктона в воде, характерная для акваторий заливов. По-видимому, потребление неорганической взвеси, приводит к заполнению желудков копепод минеральными частицами и снижению потребления растительной пищи [16]. Снижение активности потребления хлорофилла при высоких концентрациях неорганической взвеси отмечали у копепод рода *Calanus* во фьордах Гренландии [15, 16].

Величины удельных рационов копепод *C. glacialis/finmarchicus* на общей органической взвеси составили от 42.3% у младших копеподитных стадий до 2.3% у самок. На шельфе Карского моря эти показатели были существенно ниже и составляли 15, 9 и 10% у копеподитных стадий CII, CIII и CIV соответственно [1]. Удельный рацион копепод *O. similis* на общей органической взвеси в нашем исследовании составил 42.9% в заливе Благополучия и 26.2% в заливе Цивольки. На шельфе

Карского моря в сентябре рацион этих копепод составлял 40% [1]. Удельный рацион *Pseudocalanus* sp. на общем углероде взвеси составил 19.7%. По литературным данным на шельфе Карского моря этот показатель составил 9–17%. Обобщая наши наблюдения и литературные данные, можно сделать вывод о том, что величины удельных рационов исследованных видов копепод в заливах сопоставимы с этими параметрами в прилегающих районах моря. Этот результат выглядит парадоксально на фоне обнаруженного в нашем исследовании низкого потребления фитопланктона этими копеподами. Из многочисленных научных публикаций известно, что растительные копеподы способны потреблять помимо фитопланктона и другие пищевые объекты, такие как гетеротрофные простейшие и детрит [34, 39, 44]. В нашем исследовании помимо упомянутых пищевых ресурсов источником органического углерода могли служить также взвешенные агрегаты глинистых минералов. Известно, что эти минералы обладают высокой абсорбционной способностью и могут включать в свою структуру органические молекулы [43].

Энергетический баланс копепод *C. glacialis/finmarchicus* свидетельствует о том, что их популяция может успешно выживать в заливе Благополучия. Величина суточного рациона у всех возрастных стадий в 5–9 раз превышала траты на обмен. В заливе Цивольки энергетический баланс этих копепод был ближе к нулю. При таком энергетическом балансе трудно предположить возможность выживания младших копеподитных стадий, так как помимо затрат на рост им необходимо накопить достаточное количество жира для ухода в диапаузу и успешной зимовки [39]. Выжи-

вание старших стадий также маловероятно, так как накопить достаточный энергетический запас за оставшийся вегетационный период они вряд ли смогут при таком суточном рационе. Популяции копепод *O. similis*, *Pseudocalanus* sp. и *M. pygmaeus* имели положительный энергетический баланс, в том числе и в заливе Цивольки. Таким образом, эти виды могут поддерживать жизне-способные популяции в условиях высоких концентраций взвеси в заливах.

Величина удельного суточного рационов личинок *Bivalvia* в заливе Благополучия, многократно превышает траты на дыхание, обеспечивая возможность интенсивного роста, характерного для этой стадии развития [22, 36, 40]. Эти данные указывают на то, что трофические условия в заливе благоприятны для быстрого развития личинок двусторчатых моллюсков.

Величина выедания биомассы фитопланктона зоопланктоном определялась, прежде всего, численностью копепод *C. glacialis/finmarchicus*. Наибольшие значения (1.5–15%) были получены в заливе Благополучия, где вклад этих копепод в суммарное потребление фитопланктона составлял 78–99%. В заливе Цивольки, где были отмечены самые низкие значения выедания фитопланктона (0.6–2.4%), основную роль в процесс утилизации фитопланктона вносили мелкие копеподы *O. similis*, *Pseudocalanus* sp. и *M. pygmaeus*. Для сравнения, выедание биомассы фитопланктона на шельфе Карского моря в сентябре в верхнем 50-метровом слое составляло 0.05–2.6% биомассы, и основной вклад в потребление фитопланктона также вносили мелкие копеподы [1, 6].

Доля потребляемой первичной продукции согласно нашим оценкам в 2014 г. (2.7–6.3% в заливе Благополучия и 2.7–17.7 в заливе Цивольки) была ниже приводимых в литературе данных для Карского моря (50–80% на шельфе и 230% в области континентального склона) [1, 6]. Низкие величины относительного потребления первичной продукции в заливах, по-видимому, были связаны с относительно высокой первичной продукцией, измеренной в этих районах и низкой численностью копепод рода *Calanus*. В 2013 г., на фоне низких величин первичной продукции и высокой численности копепод рода *Calanus* потребление первичной продукции достигало 127.5%.

В нашем исследовании впервые для Карского моря были рассчитаны скорости потока минеральной и органической взвеси, заключенных в фекальных пеллетах копепод *C. glacialis/finmarchicus*. Полученные для залива Благополучия величины потока органического углерода фекальных пеллет копепод (53.1–157.5 мг C_{org}/m^2 сут)

значительно превышают приводимые в литературе оценки потоков фекального материала крупных копепод в Баренцевом море, составляющие 4–42 мг C_{org}/m^2 сут. [47, 48]. Поток органического углерода и общей взвеси в Северо-Западной части шельфа Карского моря составлял 52.8 и 0.04 мг/ m^2 сут общей взвеси и органического углерода соответственно [10]. По интенсивности потока минерального и органического вещества акватория залива Благополучия сопоставима только с эстуариями рек Оби и Енисея, и уступает лишь величинам потоков в зонах маргинального фильтра этих рек [9, 10]. В заливе Цивольки вертикальный поток фекальных пеллет был значительно ниже за счет меньшей численности крупных копепод в этом заливе. Высокие скорости оседания пеллет в заливах были обусловлены высоким содержанием неорганической взвеси. При таких скоростях пеллеты копепод достигают дна (176 м в зал. Благополучия и 152 в зал. Цивольки) за 0.7–1.5 сут. Быстрое оседание и низкие температуры воды (0–2°C) существенно замедляют биодеградацию фекальных пеллет, что определяет их важную роль в процессах биоседиментации и осадконакопления в заливах. Кроме того, поступающая в зал. Благополучия с ледниковым стоком взвесь может служить источником растворенного фосфора и азота [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали что:

1) Состав и обилие зоопланктона заливов восточного побережья архипелага Новая Земля в значительной мере зависит от гидрологических процессов, происходящих в прилегающих районах шельфа. В зал. Благополучия численность копепод рода *Calanus* в несколько раз превышала величины известные для других районов шельфа Карского моря, что, по-видимому, было обусловлено проникновением вод глубоководных районов моря в прибрежную зону. В зал. Цивольки увеличение численности этих копепод не было отмечено. В зоопланктоне по численности доминировали мелкие копеподы, что характерно для зоопланктона шельфа в осенний сезон.

2) Высокие концентрации минеральной взвеси влияют на характеристики питания массовых видов зоопланктона и их роль в процессах биоседиментации и осадконакопления. Существенную часть потребляемой пищи доминирующих видов *Calanus* составляли частицы неорганической взвеси с преобладанием глинистых минералов. При большой численности этих копепод в заливе Благополучия и высокой скорости оседания фекальных пеллет интенсивность вертикального

потока взвешенного вещества в этом заливе была заметно выше, чем в зал. Цивольки.

3) Выедание фитопланктона в заливах определяется, главным образом, численностью и составом доминирующих видов зоопланктона. В заливе Благополучия высокий уровень выедания определялся доминированием и высокой численностью копепод рода *Calanus*. В заливе Цивольки основную роль в потреблении фитопланктона играли мелкие копеподы *O. similis*, *Pseudocalanus* sp. и *M. Rugeaeus*, следствием чего было снижение величины суммарного выедания.

Авторы благодарят Т.Н. Семенову и Г.А. Тимонина за предоставленные данные по распределению зоопланктона.

Исследование проводилось при поддержке грантов РНФ № 14-50-00095. Анализ проб воды и взвеси на содержание органического углерода проводился за счет гранта РФФИ № 16-05-00037 А (рук. Дриц А.В.). Исследование состава вещества взвеси и фекальных пеллет с помощью рентгенографического фазового анализа проводилось за счет гранта РФФИ 17-05-00799 (рук. Арашкевич Е.Г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арашкевич Е.Г., Флинт М.В., Никишина А.Б. и др. Роль зоопланктона в трансформации органического вещества в Обском эстуарии, шельфовых и глубоководных районах Карского моря // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 5. С. 823–836.
2. Ведерников В.И., Демидов А.Б., Судьбин А.И. Первичная продукция и хлорофилл в Карском море в сентябре 1993 г. // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 693–703.
3. Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Лебедева Л.П. и др. Мезопланктон восточной части Карского моря и эстуариев Оби и Енисея // *Океанология*. 1995. Т. 34. № 5. С. 716–723.
4. Демидов А.Б., Мошаров С.А., Маккавеев П.Н. Роль абиотических и биотических факторов в формировании первичной продукции Карского моря в осенний период // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 592–604.
5. Дриц А.В., Арашкевич Е.Г., Никишина А.Б. и др. Питание массовых видов мезозоопланктона и их роль в выедании фитопланктона в Енисейском эстуарии в осенний сезон // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 632–642.
6. Дриц А.В., Арашкевич Е.Г., Никишина А.Б. и др. Роль массовых видов мезопланктона в выедании фитопланктона в северных районах Карского моря в осенний сезон // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 656–667.
7. Дриц А.В., Никишина А.Б., Семенова Т.Н. и др. Пространственное распределение и питание массовых видов зоопланктона в эстуарии реки Обь // *Океанология*. 2016. Т. 56. № 3. С. 414–428.
8. Кособокова К.Н. Зоопланктон Арктического бассейна: структура сообществ, экология, закономерности распределения. М.: ГЕОС, 2012. 310 с.
9. Лисицын А.П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы “живого океана” // *Геология и геофизика*. 2004. Т. 45. № 1. С. 15–48.
10. Лисицын А.П., Шевченко В.П., Виноградов М.Е. и др. Потоки осадочного вещества в Карском море и в эстуариях Оби и Енисея // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 748–758.
11. Маккавеев П.Н., Полухин А.А. Особенности гидрохимического режима Обской губы в период открытой воды // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 3. С. 357–366.
12. Степанова С.В., Недоспасов А.А. Особенности гидрофизического и гидрохимического режимов залива Благополучия (Новая Земля) // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 1. С. 1–11.
13. Флинт М.В., Поярко С.Г., Тимонин А.Г. и др. Структура мезопланктонного сообщества в области континентального склона желоба Святой Анны (Карское море) // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 643–655.
14. Флинт М.В., Семенова Т.Н., Арашкевич Е.Г. и др. Структура зоопланктонных сообществ в области эстуарной фронтальной зоны реки Обь // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 5. С. 809–822.
15. Arendt K.E., Dalgaard Agersted M., Sejr M.K. et al. Glacial meltwater influences on plankton community structure and the importance of top-down control (of primary production) in a NE Greenland fjord // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2016. V. 183. P. 123–135.
16. Arendt K. E., Dutz J., Jónasdóttir S.H. et al. Effects of suspended sediments on copepods feeding in a glacial influenced sub-Arctic fjord // *J. Plankton Res.* 2011. V. 33. P. 1526–1539.
17. Arnkværn G., Daase M., Eiane K. Dynamics of coexisting *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* populations in a high-Arctic fjord // *Polar Biol.* 2005. V. 28. P. 528–538.
18. Basedow S.L., Eiane K., Tverberg V. et al. Advection of zooplankton in an Arctic fjord (Kongsfjord, Svalbard) // *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2004. V. 60. P. 113–124.
19. Blachowiak-Samolyk K., Søreide J.E., Kwasniewski S. et al. Hydrodynamic control of mesozooplankton abundance and biomass in northern Svalbard waters (79–81N). *Deep-Sea Res. Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2008. V. 55. № 20. P. 2210–2224.
20. Castellani C., Robinson C., Smith T. et al. Temperature affects respiration rate of *Oithona similis* // *Marine Ecology Progress Series*. 2005. V. 285. P. 129–135.
21. Conover R.J. Assimilation of organic matter by zooplankton // *Limnol. Oceanogr.* 1966. V. 11. № 3. P. 338–345.
22. Crisp D.J., Yule A.B., White K.N. Feeding by oyster larvae: the functional response, energy budget and a comparison with mussel larvae // *Journal of the Marine Bi-*

- ological Association of the United Kingdom. 1985. V. 65. № 03. P. 759–783.
23. *Deubel H., Engel M., Fetzer I. et al.* The southern Kara Sea ecosystem: Phytoplankton, zooplankton and benthos communities influenced by river runoff // Siberian river runoff in the Kara Sea. Proceedings in Marine Science, 6 / Eds. Stein R. et al. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2003. P. 237–265.
 24. *Drits A.V., Pasternak A.F., Nikishina A.B. et al.* The dominant copepods *Senecella siberica* and *Limnocalanus macrurus* in the Ob Estuary: ecology in a high-gradient environment // Polar Biology. 2016. V. 39. № 9. P. 1527–1538.
 25. *Fetzer I., Hirche H.J., Kolosova E.G.* The influence of freshwater discharge on the distribution of zooplankton in the southern Kara Sea // Polar Biol. 2002. V. 25. P. 404–415.
 26. *Head E.J.H., Harris L.R., Debs C.A.* Effect of daylength and food concentration on in situ diurnal feeding rhythms in Arctic copepods // Marine Ecology Progress Series. 1985. P. 281–288.
 27. *Hirche H.J., Kosobokova K.N., Gaye-Haake B. et al.* Structure and function of contemporary food webs on Arctic shelves: A panarctic comparison. The pelagic system of the Kara Sea – Communities and components of carbon flow // Progress in Oceanogr. 2006. V. 71. P. 288–313.
 28. *Ikeda T., Kanno Y., Ozaki K. et al.* Metabolic rates of epipelagic marine copepods as a function of body mass and temperature // Mar. Biol. 2001. V. 139. № 3. P. 587–596.
 29. *Kwasniewski S., Hop H., Falk-Petersen S. et al.* Distribution of *Calanus* species in Kongsfjorden, a glacial fjord in Svalbard // J. of Plankton res. 2003. V. 25. № 1. P. 1–20.
 30. *Lindahl O., Hernroth L.* Large-scale and long-term variations in the zooplankton community of the Gullmar fjord, Sweden, in relation to advective processes // Marine ecology progress series. Oldendorf. 1988. V. 43. № 1. P. 161–171.
 31. *Mackas D., Bohrer R.* Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and an investigation of diel feeding patterns // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1976. V. 25. P. 77–85.
 32. *Mauchline J.* The Biology of calanoid copepods. London: Academic Press, 1998. 710 p.
 33. *Nakamura Y., Turner J.T.* Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: How important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? // J. of Plankton Res. 1997. V. 19. № 9. P. 1275–1288.
 34. *Ohman M.D., Runge J.A.* Sustained fecundity when phytoplankton resources are in short supply: omnivory by *Calanus finmarchicus* in the Gulf of St. Lawrence // Limnology and Oceanography. 1994. V. 39. № 1. P. 21–36.
 35. *Pasternak A., Arashkevich E., Reigstad M. et al.* Dividing mesozooplankton into upper and lower size groups: Applications to the grazing impact in the Marginal Ice Zone of the Barents Sea // Deep-Sea Res. Pt. II. 2008. V. 55. P. 2245–2256.
 36. *Raby D., Mingelbier, M., Dodson, J. J. et al.* Food-particle size and selection by bivalve larvae in a temperate embayment // Marine biology. 1997. V. 127. № 4. P. 665–672.
 37. *Roth P.H., Mullin M.M., Berger W.H.* Coccolith sedimentation by fecal pellets: Laboratory and field observations // Geol. Soc. America Bull. 1975. V. 86. P. 1079–1084.
 38. *Sakshaug E.* Primary and secondary production in the Arctic seas // The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean / Eds. Stein R., Macdonald R.W. Berlin: Springer, 2004. P. 57–83.
 39. *Søreide J.E., Falk-Petersen S., Hegseth E.N. et al.* Seasonal feeding strategies of *Calanus* in the high-Arctic Svalbard region // Deep-Sea Res. Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2008. V. 55. № 20. P. 2225–2244.
 40. *Sprung M.* Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). 111. Respiration // Marine Ecology Progress Series. 1984. V. 18. P. 171–178.
 41. *Steemann N.E.* The use of radioactive carbon (C14) for measuring organic production in the sea // J. Cons. Perm. Ins. Explor. Mer. 1952. № 18. P. 117–140.
 42. *Strickland J.D.H., Parsons T.R.* A practical handbook of seawater analysis. Pigment analysis // Bull. Fish. Res. Bd. Can., 1968. V. 167. P. 1–311.
 43. *Syvitski J.P.M., Lewis A.G.* Sediment ingestion by *Tigriopus californicus* and other zooplankton: mineral transformation and sedimentological considerations // J. of Sedimentary Res. 1980. T. 50. №. 3. P. 869–880.
 44. *Turner J.T., Levinsen, Nielsen T.G. et al.* Zooplankton feeding ecology: grazing on phytoplankton and predation on protozoans by copepod and barnacle nauplii in Disko Bay, West Greenland // Marine Ecology Progress Series. 2001. V. 221. P. 209–219.
 45. *Urban J.L., McKenzie C.H., Deibel D.* Seasonal differences in the content of *Oikopleura vanhoeffeni* and *Calanus finmarchicus* fecal pellets: illustrations of zooplankton food web shifts in coastal Newfoundland waters // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1992. V. 84. P. 255–264.
 46. *Wallace M.I., Cottier F.R., Berge J. et al.* Comparison of zooplankton vertical migration in an ice-free and a seasonally ice-covered Arctic fjord: An insight into the influence of sea ice cover on zooplankton behavior // Limnol. Oceanogr. 2010. V. 55. № 2. P. 831–845.
 47. *Wassmann P., Reigstad M., Haug T. et al.* Food webs and carbon flux in the Barents Sea // Progress in Oceanography. 2006. V. 71. P. 232–287.
 48. *Wexels Riser C., Wassmann P., Olli K. et al.* Seasonal variation in production, retention and export of zooplankton faecal pellets in the marginal ice zone and the central Barents Sea // J. of Marine Systems. 2002. V. 38. P. 175–188.
 49. *Willis K. Cottier F., Kwasniewski S. et al.* The influence of advection on zooplankton community composition in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard) // J. of Marine Systems. 2006. V. 61. № 1. P. 39–54.

Zooplankton in Bays of Novaya Zemlya Archipelago: Composition, Distribution, Role in Phytoplankton Grazing and Biosedimentation

A. B. Amelina, A. V. Drits, V. M. Sergeeva, K. A. Soloviyev, N. A. Belyaev,
O. M. Dara, A. B. Demidov, M. V. Flint

For the first time the zooplankton community was studied in the two bays of the Eastern coast of Novaya Zemlya archipelago (Blagopoluchiya Bay and Cyvolki Bay). The copepods of genus *Calanus* – *C. glacialis/finmarchicus* and *C. hyperboreus* dominated in biomass (76–93%) in the zooplankton of the bays. The highest abundance of these copepods was found in the Blagopoluchiya bay. The total number (70000 ind/m²) and biomass (60 g/m²) of the population multiple exceeded the maximal values, observed at the Kara sea shelf. The ration values of these copepods amounted from 1.5 to 20 mkg C/ind day for different copepodit stages. The grazing of phytoplankton biomass and production by zooplankton varied in 1.5–15.6% and 3–127% respectively. The flux of organic carbon and suspended matter that were included in *Calanus* faecal pellets, reached 157.5 mg C_{org}/m²/day and 1574 mg/m²/day respectively in that bay. In Cyvolki Bay the total zooplankton biomass (6.6 g/m²) was several times lower. That led to the decrease of its role in the phytoplankton utilization (0.6–2.4% of phytoplankton biomass and 1.9–18% of phytoplankton production), and also that explained the less intensive flux of suspended matter (47.8 mg/m²/day) and organic carbon (2.6 mg C_{org}/m²/day) included in copepod faecal pellets in that bay.