

УДК 574.523

## ПИТАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ОПРЕСНЕННОЙ “ЛИНЗЕ” КАРСКОГО МОРЯ: ВЛИЯНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА СОЛЕННОСТИ

© 2015 г. А. Ф. Пастернак, А. В. Дриц, Г. А. Абызова, Т. Н. Семенова,  
В. М. Сергеева, М. В. Флинт

Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва  
e-mail: pasternakanna@hotmail.com

Поступила в редакцию 07.05.2015 г.

Исследовано питание и распределение массовых видов зоопланктона в районе распространения поверхностных опресненных вод (поверхностной “линзы”) в Карском море в августе 2014 г. На разрезе через центр “линзы” численность зоопланктона была невысока; она резко увеличивалась у границы “линзы”. Доминировали *Calanus glacialis*, *C. finmarchicus*, *Oithona similis* и *Pseudocalanus* spp. (60–80% биомассы всего зоопланктона). В области “линзы” максимумы концентрации хлорофилла (на 10 м) и зоопланктона (ниже 30 м) были разобщены по вертикали. Суточных миграций зоопланктона не обнаружено. За пределами “линзы” зоопланктон находился в верхнем перемешанном слое. Величины удельных рационов зоопланктона внутри “линзы” (5–50%) оказались существенно выше, чем вне “линзы” (0.2–6%). Рассматривается гипотеза, что аккумуляция взвеси на резком градиенте плотности (солёности) способствует увеличению рационов. Обнаружена достоверная положительная корреляция между величинами рациона и градиентом солёности. Выедание первичной продукции и биомассы фитопланктона было максимальным (94 и 8%) у границы “линзы”, что обусловлено сочетанием высоких значений рационов и численности зоопланктона.

DOI: 10.7868/S0030157415060131

### ВВЕДЕНИЕ

Карское море – мелководный арктический водоем, принимающий в себя крупнейший во всем Арктическом бассейне пресноводный речной сток [24]. Его годовой объем достигает 1300 км<sup>3</sup> в год, и наибольший вклад в него дают реки Обь и Енисей [18, 25]. Интерес, проявляемый к пелагической экосистеме Карского моря, связан с ее ролью в трансформации речного стока и процессах взаимодействия между шельфом и глубоководными районами Арктики. К тому же, освоение запасов углеводородов на Карском шельфе требует детальных данных о структуре и функционировании биоты.

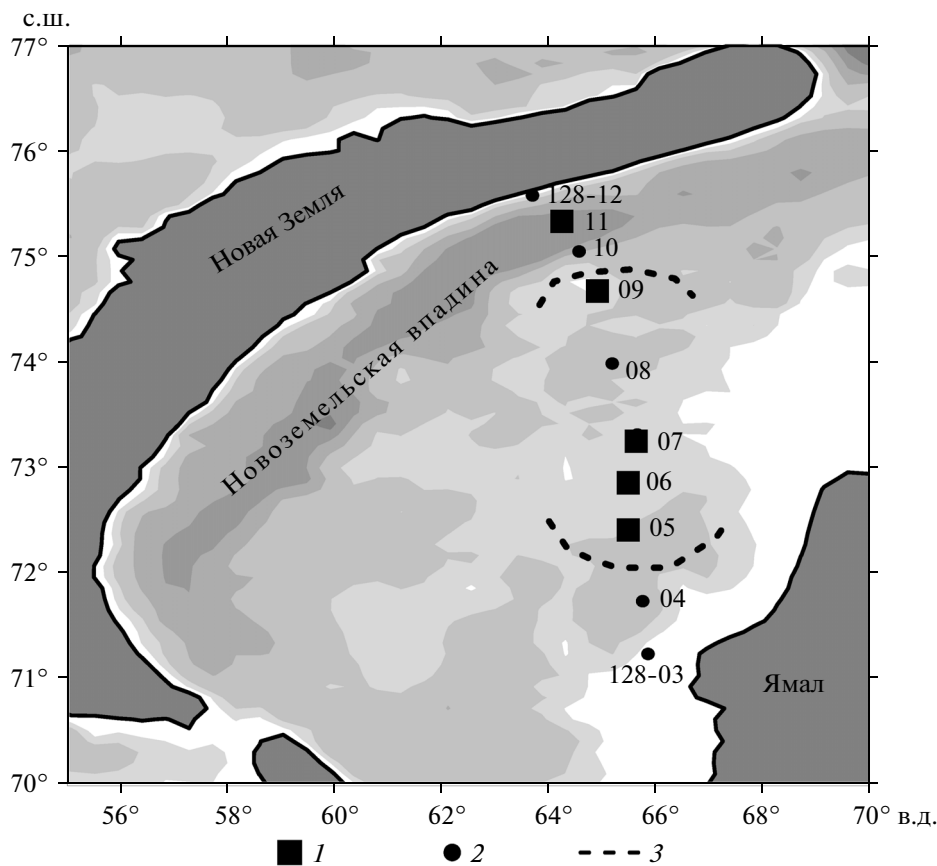
В предшествующих работах основное внимание уделялось составу и структуре планктонного сообщества в разных районах моря [2, 3, 12, 13, 15–17 и др.]. В последние годы проведен ряд экспедиций, положивших начало исследованиям функционирования пелагических сообществ под воздействием различных биотопических условий [1, 4, 5, 26]. Для функционирования пелагических сообществ Карского моря ключевыми являются устьевые районы, где образуется “маргинальный фильтр”, в котором осажается большая часть выносимой реками органической взвеси [8, 9], и область поверхностного опресненного слоя, “линзы”, формирующейся в связи с паводком Оби и

Енисея. “Линза” распространяется по акватории моря под влиянием ветрового дрейфа и геострофических течений [6]. Обычно выделяют три типа распространения “линзы”: западный, центральный и восточный, причем чаще наблюдается западный и центральный тип [10, 11]. Основными гидрофизическими особенностями “линзы” служат низкая солёность воды в верхнем 10–12 метровом слое (<26 psu) и резкий галопикноклин на его нижней границе. Такие специфические условия должны влиять на функционирование зоопланктонного сообщества в “линзе”. Однако до сих пор подобные исследования не проводились.

В августе 2014 г. в ходе комплексной экспедиции Института океанологии РАН обследована область “линзы”. Цель настоящей работы – исследование влияния резких градиентов солёности в поверхностном слое линзы на структуру и характеристики питания зоопланктона. В задачи входило изучение распределения массовых видов зоопланктона, скорости потребления пищи и оценка выедания фитопланктона.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал был собран в 128-м рейсе НИС “Профессор Штокман” на пяти станциях с 13 по 18 августа 2014 г. (рис. 1). Зоопланктон соби-



**Рис. 1.** Карта станций. 1 – станции, где, кроме состава и распределения, изучалось питание зоопланктона; 2 – станции, где исследованы лишь состав и распределение зоопланктона; 3 – примерные границы опресненной “линзы”.

рался сетью Multinet (входное отверстие 0.125 м<sup>2</sup>, ячей 180 мкм) по горизонтам, выбранным на основании данных зондирования гидрофизических параметров [14] днем и ночью. Для изучения состава и распределения зоопланктона пробы фиксировали 4% формалином. Подробно метод сбора и обработки планктонных проб описан в [14]. Интенсивность питания зоопланктона оценивали флуоресцентным методом по содержанию пигментов (*Chl a* и феопигментов) в кишечнике и времени переваривания пищи [31]. Подробно методика определения содержания пигментов в кишечнике описана в [5]. Оценки времени переваривания пищи взяты из опубликованных источников: для копепод рода *Calanus* – [5], *Pseudocalanus* spp. и *Oithona similis* – [36], с поправкой на температуру воды в море [29]. Для пересчета суточного потребления пищи в единицы углерода ( $E_c$ , мг C/м<sup>2</sup> сут) были использованы данные по содержанию органического углерода в автотрофных видах водорослей ( $C_{ph}$ ), полученные на основании обработки проб фитопланктона и определения его углеродной биомассы согласно [34] (материалы И.Н. Сухановой и В.М. Сер-

геевой). Данные о величине первичной продукции любезно предоставлены А.Б. Демидовым.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Район исследований.** В августе 2014 г. опресненная “линза” была обнаружена в западной части моря (рис. 1). Мы полагаем, что ст. 128-07, характеризующаяся минимальной поверхностной соленостью (< 12 psu) и наиболее резким галопикноклином, представляет собой центр “линзы”, а ст. 128-11 находится вне “линзы” (поверхностная соленость = 32 psu). Максимальная концентрация хлорофилла отмечена в верхнем 8–10 м слое на станциях 128-05 и 07, а на станциях 128-09 и 11 максимум заглубляется (20 м) (рис. 2).

**Распределение зоопланктона по разрезу.** В сообществе зоопланктона доминировали копеподы *Calanus glacialis*, *C. finmarchicus*, *Oithona similis* и *Pseudocalanus* spp. Их общая биомасса составляла от 60 до 80% всего сообщества (без учета желательных организмов). Калянусы были представлены всеми стадиями развития, с преобладанием младших стадий (рис. 3). Видно, что численность *Calanus* spp. резко возрастала у границы и за предела-

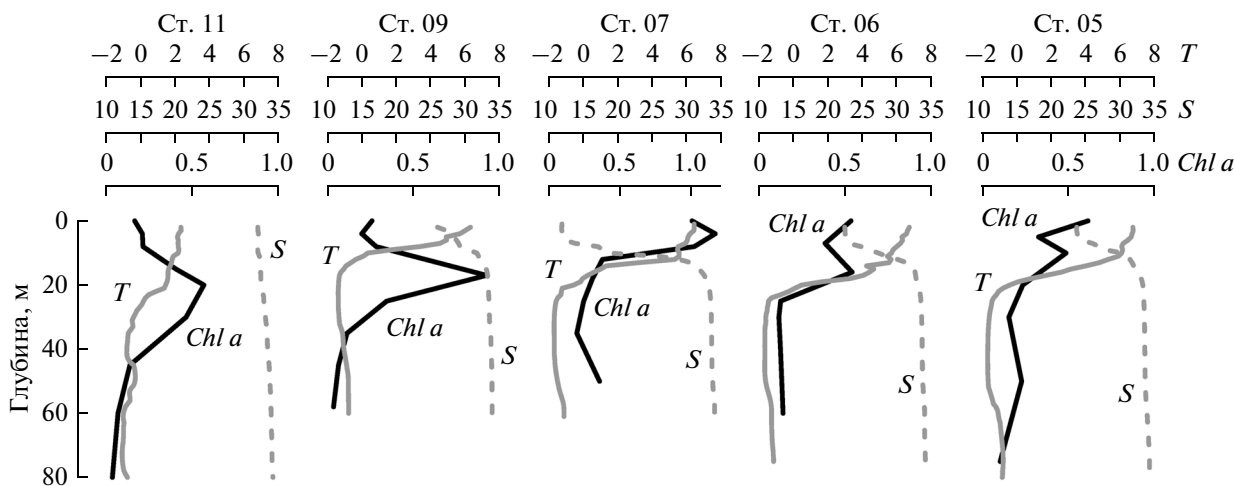


Рис. 2. Профили солёности (S, psu), температуры (T, град) и хлорофилла (Chl a, мкг/л) на станциях, где исследовалось питание зоопланктона.

ми “линзы”, причем если численность младших стадий достигала максимальных значений в районе Новоземельской впадины, то старшие стадии (самки и пятые копеподиты) были наиболее многочисленны у края “линзы” (рис. 3). Распределение *O. similis* напоминало распределение младших стадий калянусов. Напротив, *Pseudocalanus* spp. был многочисленнее в пределах “линзы”, а вне “линзы” его численность снижалась (рис. 3).

**Вертикальное распределение зоопланктона.** Основная масса зоопланктона в районе “линзы” избегала верхнего опресненного слоя (рис. 4а–4з). Копеподы р. *Calanus* и *Pseudocalanus* не поднималась выше 30 м ни днем, ни ночью, в популяции *O. similis* большой процент особей (до 65%) находился в слое 30–10 и даже 10–0 м, подверженном сильному опреснению (рис. 4а–4з). Иная картина наблюдалась на ст. 128-11 за пределами “линзы”: все младшие стадии *Calanus* spp., *O. similis* и *Pseudocalanus* spp. были приурочены к верхним (10–0 и 40–10 м) слоям воды, лишь *Calanus* spp. CV населяли весь 300-м столб воды (рис. 4и–4п). Заметных суточных вертикальных миграций у большей части копепод не было обнаружено ни в области “линзы”, ни за ее пределами. Небольшая часть копепод немного поднималась в ночное время, но в верхний 10-м слой не заходила. Исключение составляли пятые копеподиты *Calanus* spp. на ст. 128-11, у которых суточные миграции с подъемом в поверхностный слой ночью были хорошо выражены (рис. 4и–4п).

**Питание.** Достоверные различия между содержанием растительных пигментов в кишечниках исследованных копепод днем и ночью обнаружены лишь у *Pseudocalanus* spp. (табл. 1). Наполненность кишечника (G, нг хл “а” инд<sup>-1</sup>) у разных (СII–СV) копеподитных стадий *Calanus* spp. в зависимости от массы тела (W, мкг С инд<sup>-1</sup>) при ло-

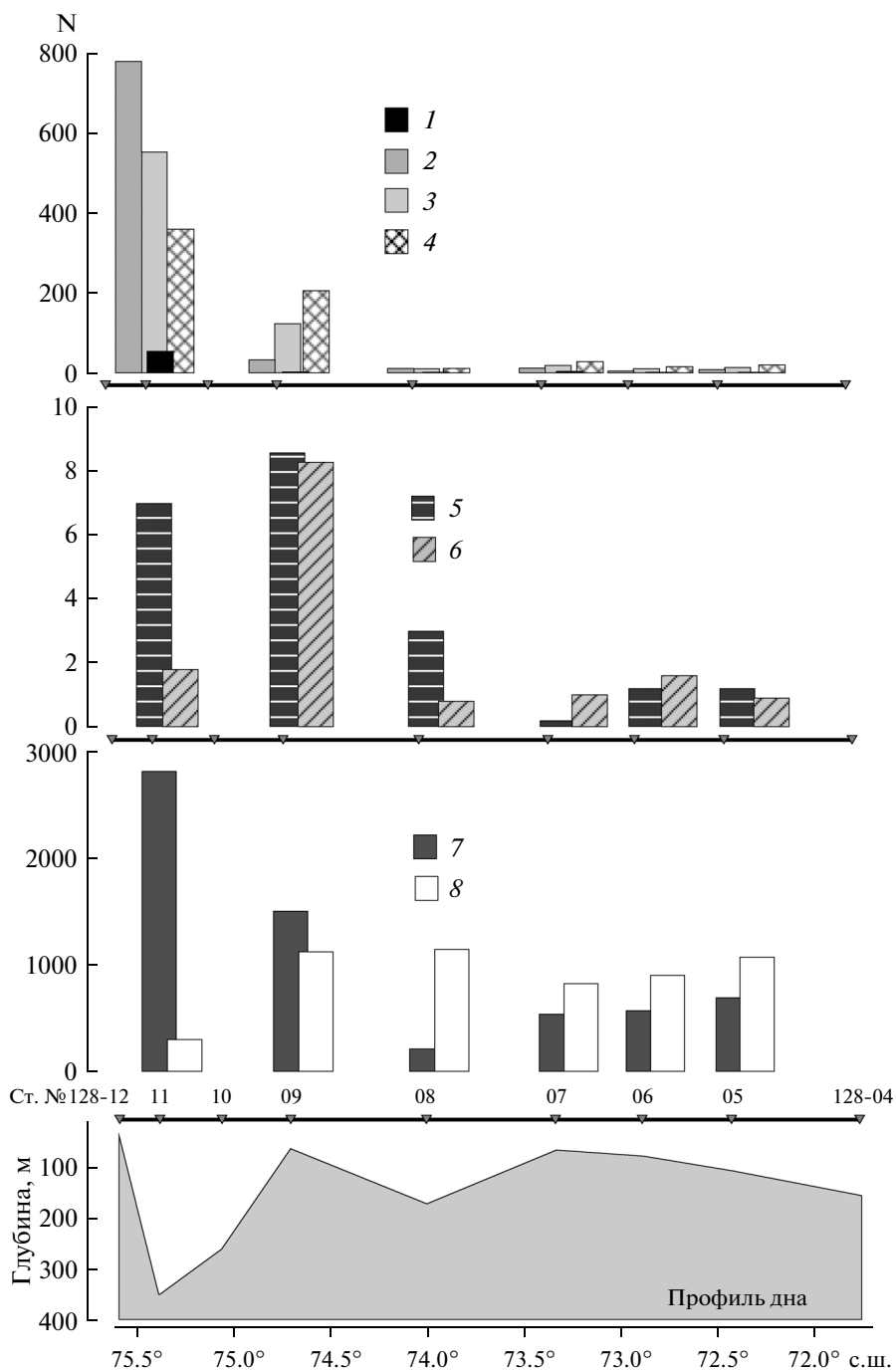
гарифмической трансформации описывается уравнением  $G = 0.577W + 0.497$  на ст. 128-09 и  $G = 0.599W - 0.266$  на ст. 128-11. Эти зависимости были использованы для аппроксимации наполненности кишечника у особей CI, которые составляли значительную часть популяции на большинстве станций, и без которых оценка выедания фитопланктона калянусами была бы неполной.

Рассчитанные величины удельных рационов на станциях внутри “линзы” (128-05, 06, 07, 09) оказались существенно выше, чем вне “линзы” (ст. 128-11) (табл. 2). Как и ожидалось, рационы мелких форм были выше, чем крупных. Максимальный рацион был получен для старших стадий *O. similis* (50.3% на ст. 128-07).

Величина выедания биомассы фитопланктона (% от хлорофилла) и первичной продукции (ПП) была наибольшей у края “линзы” (ст. 128-09), несколько меньше выедалась ПП в центре “линзы” (ст. 128-07) (табл. 3). Вне “линзы” выедание ПП резко падало, а выедание биомассы водорослей (хл “а”) снижалось незначительно (табл. 3).

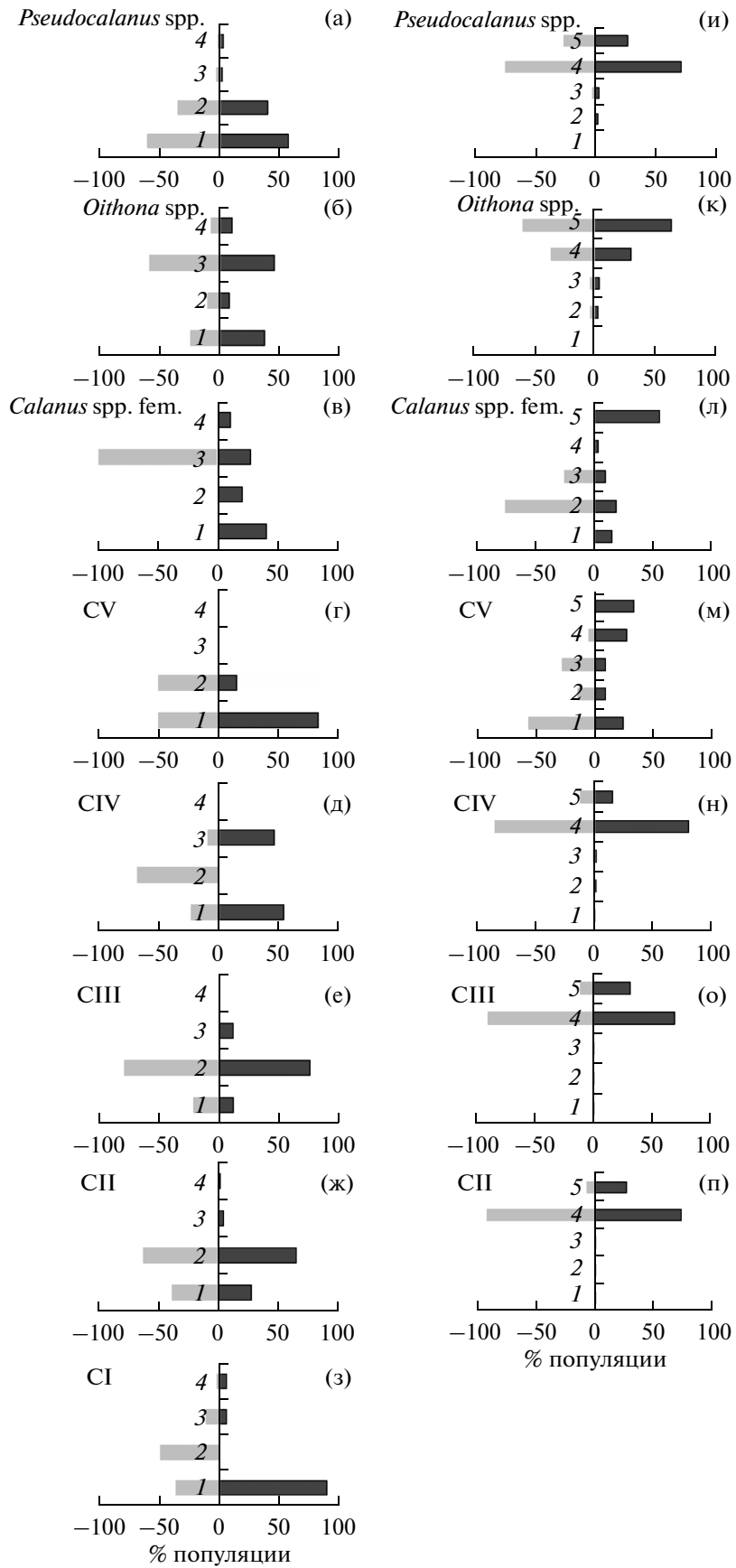
## ОБСУЖДЕНИЕ

Доминирующие зоопланктеры в области “линзы” не поднимались в поверхностные слои, что понятно, так как все они – типично морские организмы, адаптированные к морской солёности. Отсутствие выраженных суточных вертикальных миграций может объясняться тем, что материал собран во время полярного дня. Как было показано ранее [19–21], суточные вертикальные миграции в этот период не выражены. Последующие исследования продемонстрировали, что это не обязательно означает полное отсутствие суточных вертикальных перемещений, но лишь отсутствие массовых синхронизированных ми-



**Рис. 3.** Численность зоопланктона (*N*, экз/м) на станциях разреза через “линзу”. Станция 128-11 находится за пределами “линзы”. Обозначения: 1 – *Calanus* spp. CIV, 2 – *Calanus* spp. CIII, 3 – *Calanus* spp. CII, 4 – *Calanus* spp. CI, 5 – *Calanus* spp. CV, 6 – *Calanus* spp. самки, 7 – *Oithona similis*, 8 – *Pseudocalanus* spp.

**Рис. 4.** Вертикальное распределение зоопланктона днем (светлые столбики) и ночью (темные столбики). (а)–(з) – ст. 128-05 (характерная станция внутри “линзы”), (и)–(п) – ст. 128-11 (станция за пределами “линзы”). Арабскими цифрами обозначены слои облова. На ст. 128-05: 1 – 95–60 м, 2 – 60–30 м, 3 – 30–10 м, 4 – 10–0 м; на ст. 128-11: 1 – 340–200 м, 2 – 200–100 м, 3 – 100–40 м, 4 – 40–10 м, 5 – 10–0 м.



**Таблица 1.** Содержание растительных пигментов (нг инд<sup>-1</sup>) в кишечнике доминирующих копепод в ночное и дневное время суток. Приведены средние значения, стандартное отклонение и число повторностей (в скобках)

Вид	Стадия	Ст. 128-05		Ст. 128-06		Ст. 128-07		Ст. 128-09		Ст. 128-11	
		день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
<i>Calanus finmarchicus</i>	fem							4.66 + + 1.61(3)	4.30 + + 1.39(3)	1.79 + + 1.51(2)	
<i>C. glacialis</i>	fem							4.48 (1)	4.28 + + 0.41(2)	6.22 (1)	
<i>Calanus</i> spp.	CV		26.62 + + 4.66(3)			9.39(1)		4.98 + + 0.78(3)	7.87 + + 2.84(3)	3.93 + + 1.64(4)	5.41 + + 3.20(5)
	CIV		12.36 + + 7.63(2)	4.58 (1)		3.04 + + 1.26(3)	3.56 + + 0.98(3)	1.42 + + 0.47(3)	2.51 + + 0.90(3)	0.683 + + 0.73(7)	0.25 + + 0.11(7)
	СIII		11.50 + + 3.11(2)	1.82 + + 0.66(3)		1.84 + + 1.06(3)	1.49 + + 0.67(2)	1.45 + + 0.68(3)	1.04 + + 0.43(3)	0.35 + + 0.29(6)	0.18 + + 0.08(6)
	СII			0.50 + + 0.34(2)				1.20 + + 0.26(2)	0.94 + + 0.02(2)	0.22 + + 0.09(6)	0.12 + + 0.06(6)
<i>Oithona similis</i>	CV-CVI							0.15 + + 0.08(3)	0.54 + + 0.05(2)	0.09 + + 0.03(5)	0.12 + + 0.06(5)
<i>Pseudocalanus</i> spp.	СIII-CV							<b>0.26 + + 0.12(4)</b>	<b>0.61 + + 0.10(3)</b>	<b>0.15 + + 0.05(5)</b>	<b>0.03 + + 0.005(4)</b>

Примечание. Жирным шрифтом выделены достоверные различия между дневными и ночными значениями (у *Pseudocalanus* spp. на ст. 128-09 и 128-11, тест Манна–Уитни,  $p < 0.05$ ).

**Таблица 2.** Трофические характеристики доминирующих групп зоопланктона: суточное потребление хлорофилла ( $I_{\text{хл}}$ , нг пигм инд<sup>-1</sup> сут<sup>-1</sup>), суточный рацион ( $R$ , мкг С инд<sup>-1</sup> сут<sup>-1</sup>), масса тела ( $W$ , мкг углерода), удельный суточный рацион ( $R/W$ , %)

Вид	Стадия	$W$	Ст. 128-05			Ст. 128-06			Ст. 128-07			Ст. 128-09			Ст. 128-11		
			$I_{\text{хл}}$	$R$	$R/W$	$I_{\text{хл}}$	$R$	$R/W$	$I_{\text{хл}}$	$R$	$R/W$	$I_{\text{хл}}$	$R$	$R/W$	$I_{\text{хл}}$	$R$	$R/W$
<i>C. finmarchicus</i>	Самки	112.8										108.0	6.5	5.7	31.9	0.96	0.8
<i>C. glacialis</i>	Самки	512.2										105.6	6.3	1.2	110.7	3.3	0.6
<i>Calanus</i> spp.	CV	314.2	649.6	33.13	10.6				225.3	21.4	6.8	154.3	9.3	3.0	73.0	2.19	0.7
	CIV	146.0	301.7	15.4	10.5	110.0	7.6	5.2	72.9	6.9	4.7	47.3	2.8	1.9	8.4	0.25	0.2
	СIII	36.3	280.6	14.3	39.4	43.6	3.1	8.5	64.8	6.2	17.0	29.8	1.8	4.9	4.8	0.14	0.4
	СII	9.4				12.0	0.8	8.8	35.8	3.4	36.1	25.7	1.5	16.4	3.0	0.09	1.0
	CI	3.4							6.1	0.6	17.1	6.1	0.36	10.8	0.7	0.02	0.6
<i>Oithona similis</i>	CV-CVI	0.5	2.65	0.13	27.0				2.6	0.25	50.3	2.6	0.16	31.8	1.0	0.03	5.9
<i>Pseudocalanus</i> spp.	СIII-CV	5.0	10.3	0.53	10.5				10.3	0.98	19.6	10.3	0.62	12.4	2.8	0.09	1.7

граций [23]. Даже если отдельные особи на короткое время поднимались в слой повышенной концентрации хлорофилла, с помощью примененной методики мы не смогли бы этого уловить.

Суточное потребление и удельные рационы находятся в диапазоне обычно приводимых вели-

чин для этих животных [32, 33, 35]. Чтобы оценить, насколько удовлетворяются потребности базового метаболизма этих копепод энергией, полученной с растительной пищей, мы рассчитали расходы на дыхание по формуле [28] с учетом температуры. В области “линзы” энергии, получае-

**Таблица 3.** Выведание биомассы фитопланктона (% *Chl a*) и первичной продукции (% ПП) доминирующими группами зоопланктона. В скобках приведены величины первичной продукции (ПП, А.Б. Демидов, личное сообщение)

Группа	Ст. 128-05 (112 мгС м <sup>-2</sup> )		Ст. 128-06 (112 мгС м <sup>-2</sup> )		Ст. 128-07 (81 мгС м <sup>-2</sup> )		Ст. 128-09 (81 мгС м <sup>-2</sup> )		Ст. 128-11 (182 мгС м <sup>-2</sup> )	
	% <i>Chl</i>	% ПП	% <i>Chl</i>	% ПП	% <i>Chl</i>	% ПП	% <i>Chl</i>	% ПП	% <i>Chl</i>	% ПП
<i>Calanus</i> spp.	1.0	30.6	0.4	3.5	0.6	14.1	2.6	30.6	1.5	4.1
<i>Pseudocalanus</i> spp.	0.8	23.8	4.5	39.2	2.2	55.2	4.0	47.4	0.2	0.6
<i>O. similis</i>	0.2	6.0	0.7	6.4	0.4	9.3	1.4	16.3	0.6	1.8
Общее	2.0	60.4	5.6	49.1	3.1	78.6	8.0	94.3	2.3	6.5

мой с пищей, в подавляющем большинстве случаев хватало, чтобы покрыть затраты копепод на дыхание. Исключение составляли *Calanus* spp. на ст. 128-09, у которых рацион на растительной пище был ниже потребностей метаболизма. Напротив, на станции вне “линзы” (ст. 128-11) удельные рационы всех копепод оказались существенно ниже затрат на дыхание. Общая характерная черта станций в районе “линзы” – резкий градиент солености (плотности). Мы обнаружили, что величина рациона и младших, и старших стадий *Calanus* spp. достоверно связана с градиентом солености (коэффициент корреляции Спирмэна  $R_S$  для старших стадий: 0.82,  $p < 0.001$ ; для младших  $R_S = 0.77$ ,  $p = 0.003$ ; для всех стадий вместе  $R_S = 0.77$ ,  $p < 0.001$ ). Близкой к достоверной корреляция оказалась и для *O. similis* и *Pseudocalanus* spp. ( $R_S = 0.68$ ,  $p = 0.06$ ). В чем биологический смысл выявленной связи?

Резко выраженный слой галопикноклина может быть физической основой для накопления взвеси, в том числе, фитопланктона. При невысокой в целом концентрации фитопланктона аккумуляция его в малом по толщине слое может способствовать повышению скорости питания копепод [27, 33]. Действительно, максимальные значения рационов отмечены на ст. 128-07, где градиент плотности был наиболее выражен. Наши предварительные данные по общей биомассе фитопланктона и, что еще важнее для питания исследованных копепод, фракции размером  $>10$  мкм [7, 22, 32] в верхнем 10-м слое не противоречат этим представлениям. Оба показателя достигали максимума при наибольшем градиенте плотности. Обнаруженная разобщенность фитопланктона по вертикали не исключает возможности кратковременных асинхронных “вылазок” зоопланктона (feeding forays) в слой повышенной концентрации взвеси [30], или питания погружающимися частицами у его нижней границы.

Величина выедания была максимальной на ст. 128-09, расположенной на краю “линзы”. Хотя рационы здесь были ниже, чем в центре “линзы”, где вертикальный градиент солености был максимальным, численность зоопланктона была существенно выше. Вне “линзы” (ст. 128-11) численность зоопланктона была наивысшей, но при этом рационы были минимальными. Выведание фитопланктона, оцененное по хлорофиллу, у границы “линзы” было более чем в 2 раза выше, чем внутри, и более чем в 3 раза выше, чем на удалении от “линзы”. Та же тенденция видна при оценке выедания по ПП: у границы “линзы” эта величина была в полтора раза выше, чем внутри, и на порядок выше, чем вне “линзы”. Полученные данные позволяют предполагать, что свойственные “линзе” гидрофизические параметры (градиенты солености, толщина перемешанного слоя) влияют на интенсивность взаимодействия между фито- и зоопланктоном в этом специфическом и существенном по площади биотопе Карского моря. Характер взаимодействий в разных участках открытого моря в значительной степени может определяться различиями в гидрофизической структурированности биотопа, а не только концентрацией фито- и зоопланктона.

По нашим данным, наиболее интенсивные биологические взаимодействия наблюдаются у границы “линзы”. По этому признаку границу “линзы” можно сравнить с некоторыми гидрофизическими фронтами [13, 14], но механизмы воздействия физических структур на биологические процессы могут быть иными.

Авторы благодарят А.Б. Никишину за помощь в проведении экспериментов. Полевые работы, включая гидрофизические исследования, выполнены при поддержке РФФ (проект № 14-50-00095). Экспериментальные работы и анализ результатов поддержаны РФФИ (проект № 13-04-00613).

## 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. *Виноградов М.Е., Виноградов Г.М., Николаева Г.Г. и др.* Мезопланктон западной части Карского моря и Байдарачкой губы // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 709–715.
3. *Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Лебедева Л.П. и др.* Мезопланктон восточной части Карского моря и эстуариев Оби и Енисея // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 716–723.
4. *Дриц А.В., Арашкевич Е.Г., Никишина А.Б. и др.* Роль массовых видов мезозоопланктона в выедании фитопланктона в северных районах Карского моря в осенний сезон // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 4. С. 656–667.
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. *Зацепин А.Г., Морозов Е.Г., Пака В.Т. и др.* Циркуляция вод в юго-восточной части Карского моря в 2007 г. // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 5. С. 683–697.
7. *Ковалева Т.М.* Питание массовых веслоногих рачков *Acartia clausi* Giesbr. и *Pseudocalanus elongatus* Воеск. в Черном море // *Экология моря*. 1988. Т. 28. С. 52–57.
8. *Лисицын А.П.* Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
9. *Лисицын А.П., Шевченко В.П., Виноградов М.Е. и др.* Потoki осадочного вещества в Карском море и в эстуариях Оби и Енисея // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 748–758.
10. *Морецкий В.Н.* Распределение и динамика опресненных вод Карского моря // *Тр. ААНИИ*. 1985. Т. 389. С. 33–35.
11. *Русанов В.П., Васильев А.Н.* Распространение речных вод в Карском море по данным гидрохимических определений // *Тр. ААНИИ*. 1976. Т. 323. С. 188–196.
12. *Суханова И.Н., Флинт М.В., Мошаров С.А. и др.* Структура сообществ фитопланктона и первичная продукция в Обском эстуарии и на прилежащем Карском шельфе // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 5. С. 785–800.
13. *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.
14. *Флинт М.В., Поярков 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.
15. *Фомин О.К.* Некоторые структурные характеристики зоопланктона // *Экология и биоресурсы Карского моря*. Апатиты: ММБИ, 1989. С. 65–85.
16. *Фомин О.К.* Зоопланктон // *Экосистема Карского моря*. Мурманск: ПИНРО, 2008. С. 106–123.
17. *Яшинов В.А.* Зоопланктон Карского моря // *Тр. Морского научного ин-та*. 1927. Т. 2. № 2. С. 1–59.
18. *Aagard K., Carmack E.C.* The Arctic Ocean and climate: a perspective // *The polar oceans and their role in shaping the global environment*. Geophysical monograph. 1994. V. 85. American Geophysical Union, DC. P. 5–20.
19. *Blachowiak-Samolyk K., Kwasniewski S., Richardson K. et al.* Arctic zooplankton do not perform diel vertical migration (DVM) during periods of midnight sun // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 2006. V. 308. P. 101–116.
20. *Bogorov V.G.* Peculiarities of diurnal vertical migration of zooplankton in polar seas // *J. Mar. Res.* 1946. V. 6. P. 25–32.
21. *Buchanan C., Haney J.F.* Vertical migrations of zooplankton in the Arctic: a test of the environmental controls // *Evolution and ecology of zooplankton communities* / Ed. Kerfort W.C. Hanover, NH: University Press of New England, 1980. P. 69–79.
22. *Castellani C., Irigoien X., Harris R.P. et al.* Feeding and egg production of *Oithona similis* in the North Atlantic // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 2005. V. 288. P. 173–182.
23. *Cottier F.R., Tarling G.A., Wold A. et al.* Unsynchronized and synchronized vertical migration of zooplankton in a high arctic fjord // *Limnol. Oceanogr.* 2006. V. 51. № 6. P. 2586–2599.
24. *Fütterer D.K., Galimov E.M.* Siberian river run-off into the Kara Sea: characterization, quantification, variability and environmental significance – an introduction // *Proceedings in Marine Sciences* / Eds Stein R. et al. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1–8.
25. *Gordeev V.V., Martin J.M., Sidorov I.S. et al.* A reassessment of the Eurasian river input of water, sediment, major elements, and nutrients to the Arctic Ocean // *Amer. Journ. Sci.* 1996. V. 296. P. 664–691.
26. *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.
27. *Holling C.S.* The functional response of predators to prey density // *Mem. Entomol. Soc. Can.* 1965. V. 45. P. 1–60.
28. *Ikeda T., Kanno Y., Ozaki K. et al.* Metabolic rates of pelagic marine copepods as a function of body mass and temperature // *Mar. Biol.* 2001. V. 139. P. 587–596.
29. *Irigoien X.* Gut clearance rate constant, temperature and initial gut contents: a review // *J. Plankt. Res.* 1998. V. 20. № 5. P. 997–1003.
30. *Leising A.W., Pierson J.J., Cary S. et al.* Copepod foraging and predation risk within the surface layer during night-time feeding forays // *J. Plankt. Res.* 2005. V. 27. P. 987–1001.
31. *Mackas D.L., Bohrer R.N.* Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and investigation of diel feeding patterns // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1976. V. 25. P. 77–85.



32. *Marshall S.M., Orr A.P.* The biology of a marine copepod *Calanus finmarchicus* Gunnerus. Edinburgh: Oliver and Boyd. 1955. 188 p.
33. *Mauchline J.* The biology of calanoid copepods // Advances in marine biology. 1998. V. 33. San Diego: Academic Press. P. 710.
34. *Menden-Deuer S., Lessard E.J.* Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton // Limnol. Oceanogr. 2000. V. 45. № 3. P. 569–579.
35. *Paffenhöfer G.-A.* Feeding rates and behavior of zooplankton // Bull. Mar. Sci. 1988. V. 43. P. 430–445.
36. *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. II. 2008. V. 55. P. 2245–2256.

## Feeding and Distribution of Zooplankton in the Desalinated “Lens” in the Kara Sea: Impact of the Vertical Salinity Gradient

A. F. Pasternak, A. V. Drits, G. A. Abyzova, T. N. Semenova, V. M. Sergeeva, M. V. Flint

Feeding rates and distribution of dominant zooplankton in the area of the Kara Sea “lens” (upper desalinated layer) was studied in August 2014. Zooplankton abundance was low along a transect across the center of the “lens”, but it noticeably increased at the margin of the “lens”. *Calanus glacialis*, *C. finmarchicus*, *Oithona similis* and *Pseudocalanus* spp. dominated zooplankton, constituting 60–80% of total biomass. Within the “lens” area, chlorophyll peaked at about 10 m depth while zooplankton was distributed deeper than 30 m, and no diel vertical migrations were recorded. Outside the “lens”, zooplankton was distributed in the upper mixed layer. Specific daily rations on phytoplankton within the “lens” area were considerably higher than outside (5–50% and 0.2–6%, respectively). We hypothesized that accumulation of suspended matter over a sharp salinity (density) gradient contributes to an increase in daily rations. A significant positive correlation between values of daily ration and salinity gradients was obtained. Grazing impact of zooplankton on primary production and phytoplankton biomass was maximal (94% и 8%) at the “lens” margin which is related to a combination of high values of zooplankton abundance and daily rations.