

УДК 574.583(268.56)

Н.А. Кузнецова*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА В ЧУКОТСКОМ МОРЕ В АВГУСТЕ-СЕНТЯБРЕ 2017 Г.

Приведены данные по зоопланктону в восточной части Чукотского моря. В северном полигоне сказывалось влияние арктических вод и холодных вод моря Бофорта. Доминировал зоопланктон крупной фракции за счет копепод *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, вида-индикатора атлантических вод, и холодноводной крупной гиперииды *Themisto libellula*. В южном полигоне биомассу крупной фракции в основном составляли крупные копеподы *Calanus glacialis/marshallae*, *Eucalanus bungii*, *Metridia pacifica*, являющиеся видами океанического берингоморского комплекса, но по биомассе и численности преобладал мелкий зоопланктон. В прибрежных водах в западной части северного полигона и в прибрежных водах и на шельфе южного полигона в планктонном сообществе численно доминировали копеподы *Pseudocalanus* spp., их копеподиты и *Oithona similis*. Высокими были биомасса и численность видов неритического комплекса *Centropages abdominalis*, *Acartia longiremis*. Встречались также виды, выносящие некоторое распределение вод: *Eurytemora herdmani*, *Podon* sp., *Epilabidocera amphitrites*. В планктоне также были представлены личиночные формы донных беспозвоночных (личинки полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, иглокожих). Повышенная биомасса *Sagitta elegans* является результатом размножения этого вида, его численность увеличивается в летний период. Структура планктонного сообщества обеспечивала пищевые потребности сеголеток сайки, но биомасса планктона была относительно невысокой. Невысокие значения биомассы зоопланктона на обследованном участке моря можно объяснить весенне-летним состоянием планктонного сообщества, когда биомасса еще не достигла своих максимальных значений, как это наблюдалось, например, в сентябре 2007 г.

Ключевые слова: Чукотское море, восточный район, зоопланктон, фракция, биомасса.
DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-153-166.

Kuznetsova N.A. Features of plankton community in the Chukchi Sea in August-September, 2017 // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 194. — P. 153–166.

Zooplankton in the eastern Chukchi Sea is described on the data of summer observations in 2017. The northern part of the surveyed area was occupied by the cold water masses from the Arctic Ocean and Beaufort Sea. Large-sized zooplankton dominated here, including copepods *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus* (this species is an indicator of Atlantic waters) and cold-water hyperiids *Themisto libellula*. In the southern part of the surveyed area, small-sized zooplankton dominated by biomass and abundance and species belonged to the Bering Sea community, as copepods *Calanus glacialis* + *Calanus marshallae*, *Eucalanus bungii*, and *Metridia pacifica*, were presented in the large-sized fraction. In the western part of the surveyed area and in the coastal waters, small-sized copepods *Pseudocalanus* spp. and *Oithona similis* prevailed, and biomass and abundance of neritic species as *Centropages abdominalis*

* Кузнецова Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru.

Kuznetsova Natalia A., Ph.D., senior researcher, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru.

and *Acartia longiremis* were high, too. Besides, some species typical for desalinated water were observed here (*Eurytemora herdmani*, *Podon* sp., and *Epilabidocera amphitrites*), as well as larval forms of benthic invertebrates (larvae of polychaetes, bivalves, gastropods, and echinoderms). Arrowworms *Sagitta elegans* were abundant everywhere that was caused by this species reproduction. The observed structure of plankton community corresponded to feeding demands of arctic cod juveniles, but the zooplankton biomass was rather low. These features of community could be interpreted as early summer state, when its biomass does not reach the maximum yet, as it was observed, for example, in September 2007.

Key words: Chukchi Sea, eastern Chukchi Sea, zooplankton, size fraction, zooplankton biomass.

Введение

В рамках американской программы Арктического комплексного исследования экосистем (The Arctic Integrated Ecosystem Survey, Arctic IES) учеными США на 2017 и 2019 гг. были спланированы две экспедиции в моря Бофорта и Чукотское. Задачей этих исследований было выяснение влияния сокращения арктического морского льда и связанных с этим изменений в физической среде на потоки энергии через экосистемы данных морей. Ранее в этом районе лед присутствовал севернее 70° с.ш., но во время экспедиций в 2012–2013 гг. было отмечено отступление летнего льда до 72°30' с.ш. Гидрологической особенностью 2017 г. также было отсутствие льда в Чукотском море и в прибрежных районах моря Бофорта южнее 72°30' с.ш. Кроме того, 2017 г. отличался изобилием сайки *Boreogadus saida* (www.nprb.org/arctic-program/preinary-result).

В Чукотском море с 28 августа по 26 сентября 2017 г. на НИС «Ocean Start» (США) были выполнены комплексные исследования, в том числе сборы зоопланктона, для определения состава и структуры планктонных сообществ. Были определены также биомасса размерных фракций, групп и видов зоопланктона, построены схемы пространственного распределения его основных таксономических групп.

Цель настоящего сообщения — мониторинг состояния планктонного сообщества в восточной части Чукотского моря вследствие сокращения морского льда в летний период и изменения гидрологических условий на шельфе восточной части Чукотского моря.

Материалы и методы

В Чукотском море пробы зоопланктона были собраны сетью БСД (площадь входного отверстия 0,1 м², капроновое сито с ячейей 0,168 мм) тотальными ловами в слое дно—0 м. Полная обработка проб была проведена в лаборатории на судне, согласно методикам, принятым в ТИНРО-центре, с применением поправок на недолов планктона (коэффициент уловистости). Для мелкой фракции принимали коэффициент — 1,5; средней — 2,0; для крупной фракции применялись группоспецифичные поправки: для эвфаузиид, мизид и щетинкочелюстных длиной до 10 мм — 2, 10–20 мм — 5, более 20 мм — 10; для гипериид длиной до 5 мм — 1,5, 5–10 мм — 3,0, более 10 мм — 5,0; для копепод длиной до 5 мм — 2, более 5 мм — 3; для полихет, мелких медуз, птеропод и других малоподвижных животных — 1 (Рекомендации..., 1984; Волков, 1996, 2008). Биомасса рассчитывалась по численности и по сырым весам планктеров (Борисов и др., 2004). Было собрано в слое дно—0 м и обработано в море 50 проб зоопланктона. В районе исследований глубины составляли 29–62 м. Схема станций и положение районов, по которым осреднялись полученные материалы, показаны на рис. 1. Северный полигон начинался от 72°30' с.ш. (ст. 2–34), южный — от 69°30' с.ш. (ст. 35–52).

Результаты и их обсуждение

На исследованной акватории в слое дно—0 м в северном полигоне общая биомасса зоопланктона составила 241,6 мг/м³, при этом наблюдалось преобладание крупной фракции зоопланктона (63,5 %), биомасса которой составила 153,5 мг/м³. Доминировали 4 группы зоопланктона: сагитты (34,4 %), птероподы (23,4 %), копеподы (22,6 %) и медузы (14,6 %) (рис. 1–3, табл. 1). Крупные копеподы *Calanus glacialis* и *C. hyperboreus* (5–7 мм) встречались в северо-восточной части полигона, где доминировал *C. glacialis*.

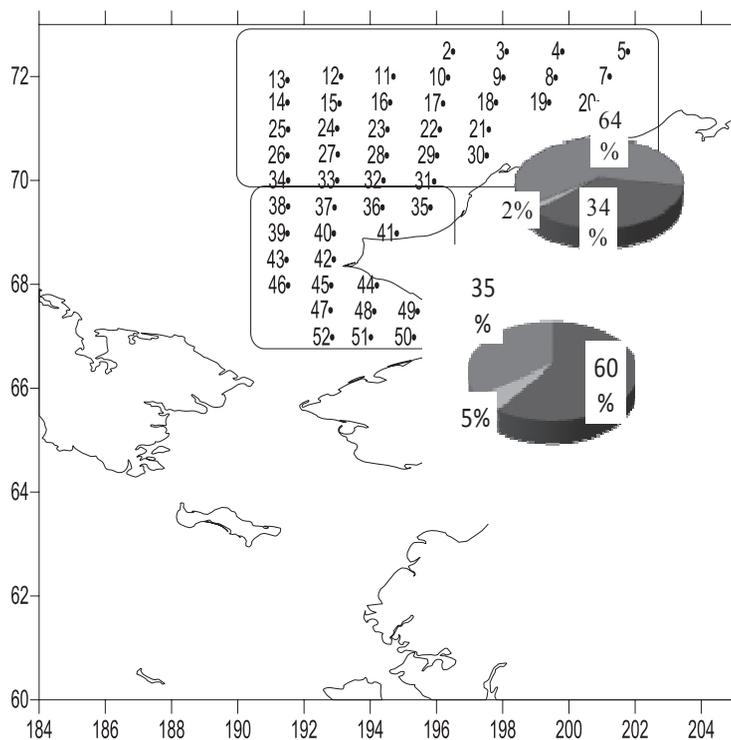


Рис. 1. Район работ и схема расположения станций в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г. и фракционный состав зоопланктона, %

Fig. 1. Scheme of survey in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017 and size structure of zooplankton, %

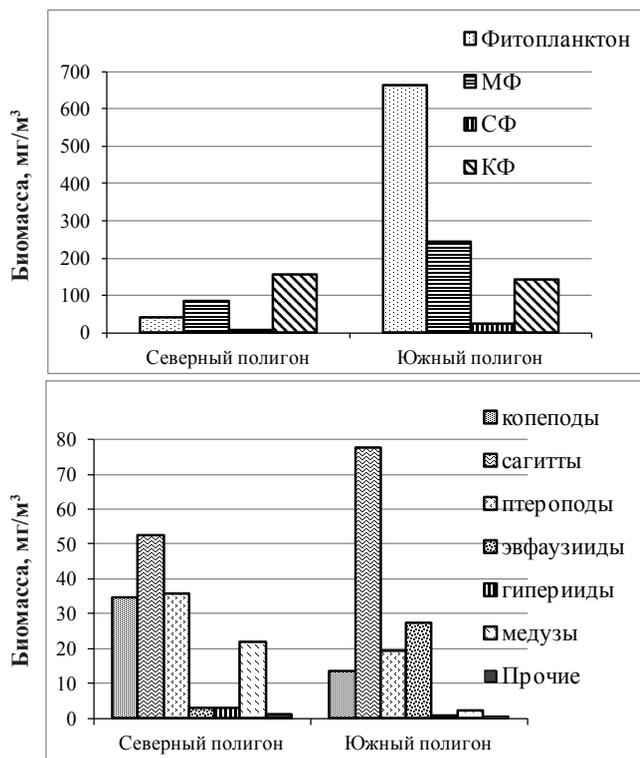


Рис. 2. Фракционная структура зоопланктона и состав крупной фракции в Чукотском море в сентябре 2017 г., мг/м³

Fig. 2. Size structure of zooplankton and species composition of the large-sized fraction in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017, mg/m³

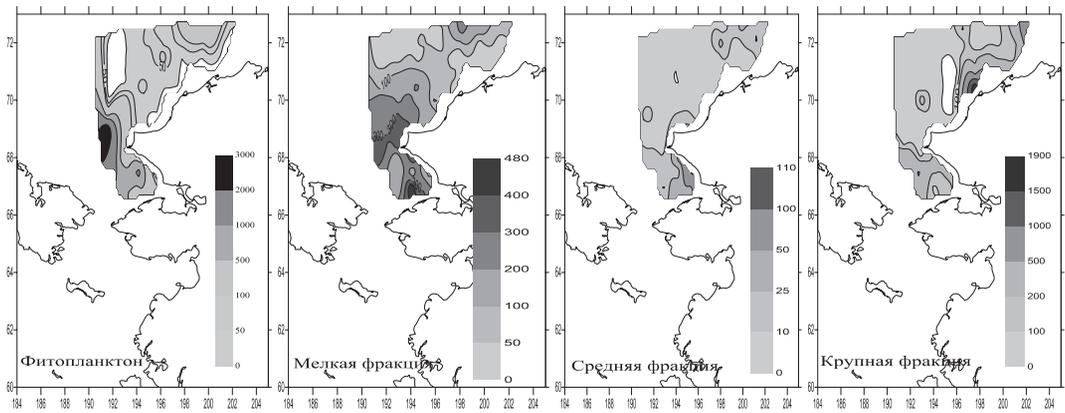


Рис. 3. Распределение фитопланктона и размерных фракций зоопланктона в слое дно—0 м в августе-сентябре 2017 г.

Fig. 3. Spatial distribution of biomass for phytoplankton and size fractions of zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017, mg/m³

Таблица 1

Биомасса (мг/м³) и численность (экз./м³) зоопланктона крупной фракции в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г.

Table 1

Biomass (mg/m³) and abundance (ind./m³) of large-sized zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September, 2017

Вид	Размер, мм	Северный полигон		Южный полигон	
		Мг/м ³	Экз./м ³	Мг/м ³	Экз./м ³
<i>Calanus hyperboreus</i>	5,0–7,0	0,254	0,032	–	–
<i>Calanus glacialis</i>	2,5–4,4	34,683	19,352	–	–
<i>Calanus glacialis/marshallae</i>	2,5–4,4	–	–	6,448	4,701
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	2,6–3,5	–	–	0,040	0,020
<i>Eucalanus bungii</i>	4,6–8,0	–	–	7,167	1,646
<i>Eucalanus bungii</i>	3,0–5,0	–	–	0,065	0,046
<i>Metridia pacifica</i>	1,5–2,5	–	–	0,042	0,139
Всего		34,938	19,384	13,761	6,552
<i>Themisto juv.</i>	2–3	0,016	0,013	–	–
<i>Hyperia sp.</i>	3–5	0,057	0,029	0,057	0,028
<i>Themisto libellula</i>	3–7	–	–	0,924	0,314
<i>Themisto libellula</i>	15–20	3,232	0,036	–	–
Всего		3,304	0,077	0,981	0,342
<i>Thysanoessa inermis</i>	5–10	1,031	0,258	0,818	0,205
<i>Thysanoessa inermis</i>	10–15	1,683	0,089	22,667	1,193
<i>Thysanoessa inermis</i>	15–20	–	–	2,712	0,066
<i>Thysanoessa raschii</i>	10–15	–	–	1,010	0,101
<i>Thysanoessa (furcilia)</i>	4–7	0,356	0,324	0,346	0,315
Всего		3,071	0,670	27,553	1,879
<i>Pagurus sp. (zoea)</i>		0,540	0,318	–	–
<i>Brachyura (zoea, megalopa)</i>	2–4	0,280	0,487	0,034	0,028
<i>Decapoda (larvae)</i>	5–10	–	–	0,171	0,085
<i>Caridea</i>	10–17	0,275	0,030	–	–
Всего		1,096	0,834	0,205	0,114
<i>Sagitta elegans</i>	4–10	5,623	5,648	2,015	2,026
<i>Sagitta elegans</i>	10–15	4,237	2,118	9,198	4,599
<i>Sagitta elegans</i>	15–20	7,479	1,068	31,689	4,527
<i>Sagitta elegans</i>	20–25	28,471	2,034	34,865	2,490
<i>Sagitta elegans</i>	25–30	1,589	0,053	–	–
<i>Sagitta elegans</i>	> 30	5,417	0,104	–	–
Всего		52,815	11,025	77,766	13,642

Вид	Размер, мм	Северный полигон		Южный полигон	
		Мг/м ³	Экз./м ³	Мг/м ³	Экз./м ³
<i>Creseas</i> sp.	3–5	0,079	0,015	–	–
<i>Clione limacina</i>	4–10	1,051	0,100	0,122	0,023
<i>Clione limacina</i>	10–15	0,513	0,008	9,855	0,154
<i>Clione limacina</i>	20–25	–	–	9,697	0,030
<i>Clione limacina</i>	25–30	34,167	0,083	–	–
<i>Limacina helicina</i>	2–5	0,039	0,008	0,041	0,014
Всего		35,848	0,214	19,716	0,221
Medusae	12–15	1,078	0,032	1,181	0,035
Medusae	3–5	0,055	0,028	–	–
<i>Euphisa</i> sp.	10–12	0,097	0,006	–	–
<i>Cuspilella mertensii</i>	15–20	1,476	0,017	–	–
Всего		2,705	0,083	1,181	0,035
<i>Aglantha digitale</i>	4–10	6,189	0,752	0,147	0,011
<i>Aglantha digitale</i>	10–15	4,918	0,087	1,181	0,035
<i>Aglantha digitale</i>	15–20	8,518	0,054	–	–
Всего		19,625	0,893	1,328	0,046
<i>Oikopleura</i> sp.	5–10	0,014	0,014	0,238	0,238
Polychaeta (larvae)	2–7	0,025	0,030	0,009	0,043
Mysidacea	3–5	0,011	0,036	–	–
Gammaridae	2–5–10	0,003	0,030	0,210	0,109
Ophiuroidea (larvae)	2–3	0,000	0,007	0,000	0,192
Gastropoda	2–3	–	–	0,006	0,046
Всего		153,454	33,297	142,954	23,460

Биомасса средней фракции была невысокой, преобладали мелкие медузы и *Aglantha digitale* (1,52 мг/м³), копеподы рода *Pseudocalanus*, копеподиты *C. glacialis*, *Centropages abdominalis*, молодь усонюгих раков и двустворчатых моллюсков и сагитты (табл. 2). Биомасса мелкой фракции составила 83,0 мг/м³, и почти треть биомассы приходилась на аппендикулярный, в основном *Fritillaria borealis* (26,8 мг/м³). Среди копепод доминировали *Oithona similis* (17,8 мг/м³), копеподы рода *Pseudocalanus* и их копеподиты, *C. abdominalis* и *Acartia longiremis*. Значительным было количество личинок полихет и иглокожих, велигеров двустворчатых моллюсков, молоди усонюгих раков (табл. 3).

В южном полигоне общая биомасса зоопланктона была выше — 408,3 мг/м³, доля крупного зоопланктона составляла всего 35,1 %, хотя была почти такой же, как и в северном полигоне — 143,0 мг/м³. Основу крупной фракции составляли сагитты — 54,4 %, вторыми по значимости были эвфаузииды — 19,3 % и птероподы — 13,8 %, копеподы составляли менее 10,0 % от биомассы крупной фракции (рис. 4). Кроме *Calanus glacialis/marshallae*, встречались копеподы *Eucalanus bungii*, *Metridia pacifica* и молодь гипериид (рис. 1–3, табл. 1). Биомасса зоопланктона средней фракции была выше, чем на севере, за счет копепод, особенно *C. abdominalis* (13,6 мг/м³), копепод рода *Pseudocalanus*, *M. pacifica*, молоди гипериид *Themisto* и птеропод *Limacina helicina* (табл. 2). Почти 60 % биомассы зоопланктона в этом районе приходилось на зоопланктон мелкой фракции (рис. 1, 2). Биомасса составляла 243,5 мг/м³, что было в 3 раза выше, чем в северном полигоне. Биомасса значительно возросла за счет увеличения численности копепод *O. similis* (64,7 мг/м³), копепод рода *Pseudocalanus* и их копеподитов (30,5–31,2 мг/м³), *C. abdominalis* (26,9 мг/м³) и *A. longiremis* (21,6 мг/м³), *Eurytemora herdmanni* (2,1 мг/м³). Кроме того, было отмечено большое количество науплиев копепод (13,6 мг/м³) и копеподитов I–II стадии развития (6,1 мг/м³), а также личинок полихет и иглокожих, велигеров двустворчатых моллюсков, молоди усонюгих раков (табл. 3). На южных станциях полигона (43, 45, 46) наблюдалась высокая концентрация фитопланктона, максимальные

Биомасса (мг/м³) и численность (экз./м³) зоопланктона средней фракции в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г.

Table 2

Biomass (mg/m³) and abundance (ind./m³) of medium-sized zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September, 2017

Вид	Размер, мм	Северный полигон		Южный полигон	
		Мг/м ³	Экз./м ³	Мг/м ³	Экз./м ³
<i>Centropages abdominalis</i>	1,0–1,5	0,139	1,161	13,600	113,336
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0,7–1,5	0,474	7,892	3,055	50,910
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	1,0–1,6	0,126	2,105	1,067	17,777
<i>Oithona</i> sp.	0,7–0,9	–	–	0,012	0,524
<i>Acartia longiremis</i>	0,8–1,5	0,066	1,396	0,642	12,831
<i>Calanus glacialis</i>	1,0–2,0	0,505	6,641	–	–
<i>Calanus glacialis/marshallae</i>	1,0–2,0	–	–	0,042	0,521
<i>Eurytemora herdmani</i>	1,0–1,6	0,004	0,148	0,169	5,629
<i>Eucalanus bungii</i>	2,0–3,4	0,010	0,013	–	–
<i>Metridia pacifica</i>	0,8–2,3	–	–	0,529	5,502
<i>Eurytemora pacifica</i>	1,0–1,6	0,001	0,028	–	–
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	1,0–1,6	–	–	0,042	0,281
<i>Tortanus discaudatus</i>	1,0–1,6	–	–	0,002	0,026
<i>Themisto</i> juv.	1,0–2,0	0,013	0,014	0,171	0,142
<i>Hyperia</i> sp.	2,0–3,0	0,075	0,037	–	–
Euphausiacea (furcilia)	2,0–4,0	0,041	0,064	0,033	0,165
<i>Oikopleura</i> sp.	2,5–3,5	0,087	2,175	0,021	0,529
<i>Sagitta elegans</i>	1,8–5,0	0,261	4,821	0,015	0,605
<i>Clione limacina</i>	0,7–1,5	0,027	0,015	0,268	0,670
<i>Limacina helicina</i>	0,7–1,0	–	–	0,938	2,344
Pteropoda	0,7–1,0	0,077	0,256	–	–
Medusae	1,0–2,5	1,268	1,811	–	–
<i>Aglantha digitale</i>	0,8–2,0	0,255	0,365	0,656	0,938
Bivalvia larvae	0,8–2,0	0,665	0,583	–	–
Polychaeta (larvae)	0,7–1,0	0,046	1,783	0,014	0,551
Mysidacea juv.	1,8–2,0	–	–	0,221	0,738
Cumacea	1,5–2,0	–	–	0,023	0,154
Gammaridae	1,0–2,0	0,002	0,021	0,110	1,223
Cirripedia (nauplius, cypris)	0,7–1,5	0,915	10,551	0,021	4,294
<i>Podon</i> sp.	1,0–1,5	–	–	0,174	0,579
<i>Evadne</i> sp.	0,7–1,0	–	–	0,001	0,045
Nemertina	0,7–1,0	0,005	0,256	–	–
Всего		5,064	42,135	21,826	220,316

биомассы достигали 2000–3000 мг/м³ (рис. 3). В видовом составе сетного фитопланктона доминировали диатомовые водоросли родов *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Thalassionema*, *Rhizosolenia* и *Coscinodiscus*. В районе северного полигона средняя биомасса фитопланктона не превышала 40,6 мг/м³.

Максимальная биомасса, отмеченная в северном полигоне, была обусловлена копеподами *C. glacialis* — 359–147 мг/м³, крупными сагиттами 25–35 см — 628 мг/м³, гипериидами *Themisto libellula* — 103 мг/м³, и у побережья Аляски крупными клионами *Clione limacina* — 1093 мг/м³ (рис. 4). Повышенная биомасса среди видов средней и мелкой фракций наблюдалась за счет медуз (33 мг/м³), полихет (37 мг/м³) и аппендикулярии *F. borealis* (214 мг/м³) (рис. 5).

В районе южного полигона были отмечены максимальные биомассы более мелких сагитт 15–25 см — 405–345 мг/м³, клион — 325 мг/м³ и эвфаузиид *Thysanoessa inermis* 10–15 см — 177–244 мг/м³. Среди видов средней фракции

Таблица 3

Биомасса (мг/м³) и численность (экз./м³) зоопланктона мелкой фракции в Чукотском море
в августе-сентябре 2017 г.

Table 3

Biomass (mg/m³) and abundance (ind./m³) of small-sized zooplankton
in the eastern Chukchi Sea in August-October, 2007

Вид	Размер, мм	Северный полигон		Южный полигон	
		Мг/м ³	Экз./м ³	Мг/м ³	Экз./м ³
Ova Copepoda	0,07–0,10	0,098	24,522	0,087	21,686
Copepoda (nauplius)	0,3–0,5	0,505	50,470	13,638	1363,763
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0,6–1,2	7,494	249,801	26,040	868,0
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0,7–1,5	0,281	6,381	4,511	102,513
Копеподиты <i>Pseudocalanus</i>	0,5–0,7	2,648	176,553	31,197	2079,829
Копеподиты 1–2 ст.	0,3–0,5	0,819	81,930	6,068	606,776
<i>Oithona similis</i>	0,3–0,7	17,752	942,178	64,709	3392,074
<i>Centropages abdominalis</i>	0,6–1,2	4,444	148,148	26,877	895,910
<i>Acartia longiremis</i>	0,5–1,2	2,753	266,305	21,626	2179,100
Копеподиты <i>Calanus</i>	0,8–1,2	0,047	0,938	–	–
<i>Microsetella</i> sp.	0,7–1,0	0,102	2,539	1,588	39,692
<i>Oncaea borealis</i>	0,6–1,2	0,127	9,064	0,751	53,623
<i>Microcalanus pusillus</i>	0,7–0,9	0,064	1,589	0,571	14,265
<i>Oithona</i> sp.	0,6–1,2	0,080	3,995	0,20	9,991
<i>Tortanus discaudatus</i>	0,5–0,7	0,032	1,074	–	–
<i>Eurytemora pacifica</i>	0,7–1,0	0,019	1,238	–	–
<i>Eurytemora herdmani</i>	0,6–1,2	0,115	3,829	2,133	71,100
<i>Limnocalanus grimaldi</i>	0,6–1,2	0,036	0,598	–	–
Harpacticoidae	0,6–1,2	0,395	6,583	0,167	2,778
Euphausiacea (nauplius)	0,7–0,9	0,107	3,560	–	–
Ova Euphausiacea	0,3–0,5	0,089	8,884	–	–
Decapoda (nauplius)	0,5–0,7	0,050	1,674	–	–
<i>Fritillaria borealis</i>	0,7–0,9	26,79	1217,900	9,652	438,749
<i>Oikopleura</i> sp.	2,4–2,7	0,507	22,063	6,506	282,886
<i>Sagitta elegans</i>	1,5–2,5	0,337	13,476	2,347	93,883
<i>Clione limacina</i> (larvae)	0,2–0,3	0,056	3,733	–	–
<i>Limacina helicina</i>	0,2–0,3	0,657	32,832	2,808	140,425
Isopoda	0,7–0,9	0,050	0,721	–	–
<i>Aglantha digitale</i>	0,5–0,7	0,141	1,172	2,500	20,833
Medusae	0,5–0,7	0,664	5,531	–	–
Bivalvia veliger	0,2–0,3	3,800	644,095	4,175	707,558
Polychaeta (larvae)	0,5–0,7	4,015	200,746	6,663	333,137
Cirripedia (nauplius)	0,3–0,7	0,753	21,710	1,722	344,428
Cirripedia (cypris)	0,7–1,0	4,379	145,967	0,614	20,481
Cladocera	0,7–1,0	0,034	0,488	–	–
<i>Podon</i> sp.	0,5–0,7	0,447	24,835	2,471	137,258
<i>Evadne</i> sp.	0,5–0,7	0,030	2,027	0,488	32,521
Echinodermata (larvae)	0,1–0,2	1,159	1159,130	1,067	1067,431
Bipinnaria	0,1–0,2	0,082	13,584	0,125	20,818
Cyphonateus	0,07–0,10	0,006	6,297	0,022	21,877
Ophiuroidea larvae	0,5–0,7	–	–	0,003	3,205
Ova spp.	0,3–0,5	0,733	24,442	0,276	9,185
Nemertina	0,7–1,0	0,085	4,261	–	–
Mollusca	0,7–1,0	0,256	4,261	0,192	3,205
Gastropoda veliger	0,5–0,7	–	–	1,711	28,522
Всего		83,040	5541,120	243,504	15407,500

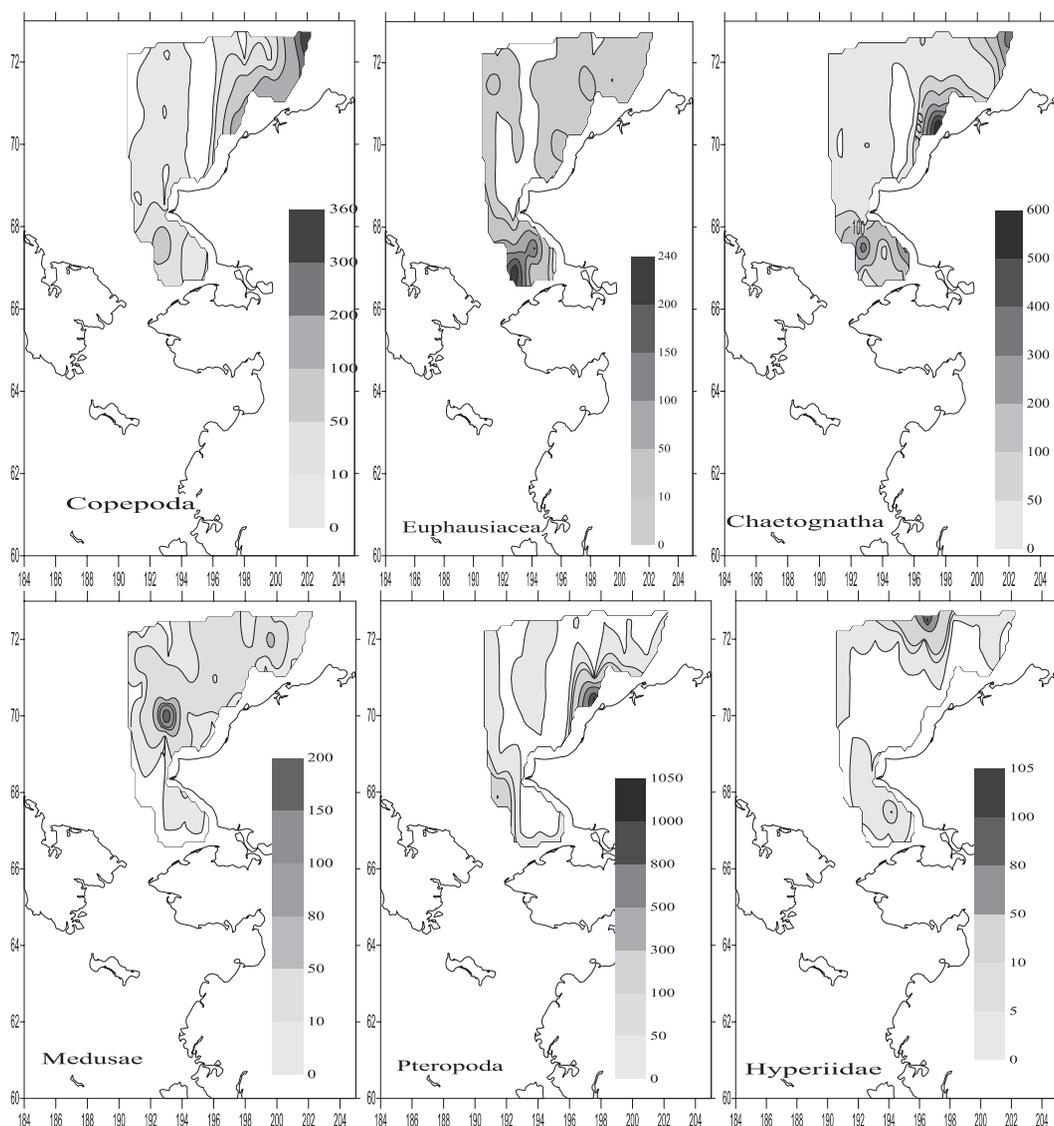


Рис. 4. Распределение биомассы групп крупной фракции зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г., мг/м³

Fig. 4. Spatial distribution of biomass for large-sized taxonomic groups of zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017, mg/m³

наибольшие значения имели копеподы (108,4 мг/м³), в основном *C. abdominalis*, *Pseudocalanus minutus*, *M. pacifica*, мелкой — копеподы (417–270 мг/м³) и науплии копепод (39 мг/м³) (см. рис. 4, 5).

По биомассе 94–95 % зоопланктона составляли 18 видов. В районе северного и южного полигонов по биомассе преобладали сагитты. В районе северного полигона среди доминирующих видов были птероподы *C. limacina*, медузы *A. digitale*, аппендикулярия *F. borealis* и крупные копеподы, в основном *C. glacialis*, копеподы мелкой и средней фракций: *O. similis*, *Ps. minutus*, *C. abdominalis*, *A. longiremis*, — личинки полихет, велигеры двустворчатых моллюсков. В районе южного полигона это были копеподы средней и мелкой фракций: *O. similis*, *Ps. minutus*, *C. abdominalis*, *A. longiremis*, науплии копепод, эвфаузииды — *Th. inermis* (табл. 4). Другие виды зоопланктона были относительно немногочисленны. Так, в этот период в северной части района остальные 55 видов зоопланктона составляли всего 4,5 %, а в южной части на 35 видов зоопланктона приходилось 5,7 % общей биомассы зоопланктона.

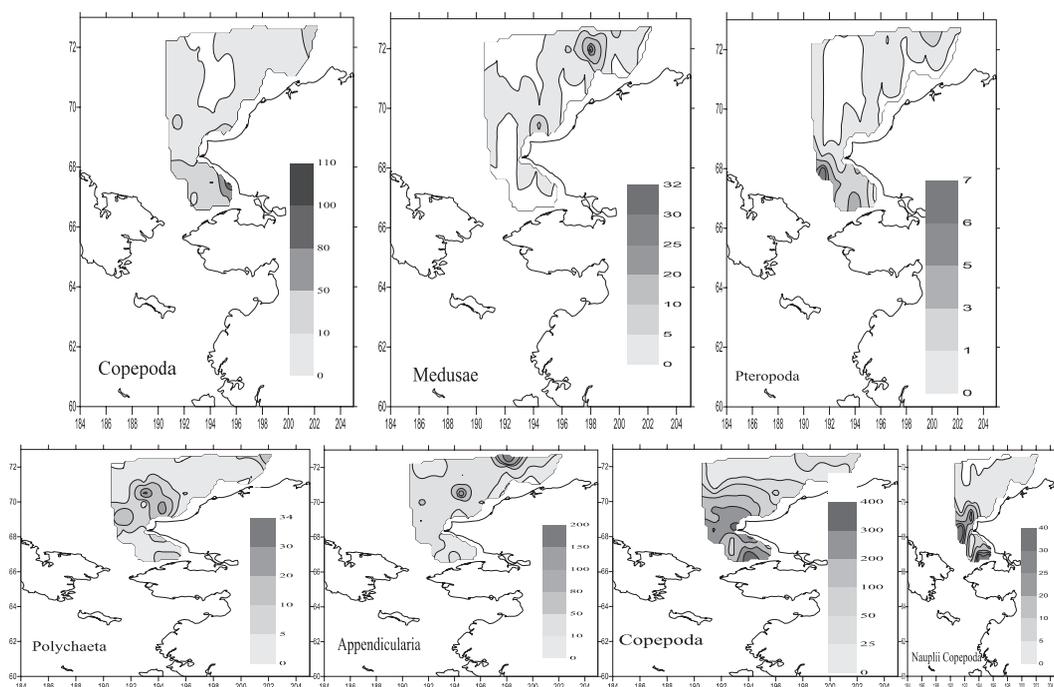


Рис. 5. Распределение биомассы групп средней (верхний ряд) и мелкой (нижний ряд) фракций зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г., мг/м³

Fig. 5. Spatial distribution of biomass for medium-sized (upper row) and small-sized (lower row) taxonomic groups of zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017, mg/m³

Доминирующие виды зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г.

Таблица 4

Dominant species of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2017

Table 4

	Северный полигон	Биомасса, мг/м ³	Доля, %		Южный полигон	Биомасса, мг/м ³	Доля, %
1	<i>Sagitta elegans</i>	53,4	22,11	1	<i>Sagitta elegans</i>	80,13	19,63
2	<i>Clione limacina</i>	35,8	14,80	2	<i>Oithona similis</i>	64,71	15,85
3	<i>Calanus glacialis</i>	35,2	14,57	3	<i>Centropages abdominalis</i>	40,48	9,91
4	<i>Fritillaria borealis</i>	26,8	11,09	4	Копеподиты <i>Pseudocalanus</i>	31,20	7,64
5	<i>Aglantha digitale</i>	20,0	8,29	5	<i>Pseudocalanus minutus</i>	29,09	7,13
6	<i>Oithona similis</i>	17,8	7,35	6	<i>Thysanoessa inermis</i>	26,20	6,42
7	<i>Pseudocalanus minutus</i>	8,0	3,30	7	<i>Acartia longiremis</i>	22,27	5,45
8	<i>Cirripedia</i> (cypris)	5,3	2,19	8	<i>Clione limacina</i>	19,94	4,88
9	<i>Centropages abdominalis</i>	4,6	1,90	9	Copepoda (nauplius)	13,64	3,34
10	Polychaeta (larvae)	4,1	1,68	10	<i>Fritillaria borealis</i>	9,65	2,36
11	<i>Bivalvia veliger</i>	3,8	1,57	11	<i>Eucalanus bungii</i>	7,23	1,77
12	<i>Themisto libellula</i>	3,2	1,34	12	<i>Oikopleura</i> sp.	6,77	1,66
13	<i>Acartia longiremis</i>	2,8	1,17	13	Polychaeta (larvae)	6,69	1,64
14	<i>Thysanoessa inermis</i>	2,7	1,12	14	<i>C. glacialis/marshallae</i>	6,49	1,59
15	Копеподиты <i>Pseudocalanus</i>	2,6	1,10	15	Копеподиты 1–2 ст.	6,07	1,49
16	Медузы	2,0	0,82	16	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	5,58	1,37
17	<i>Cuspillella mertensii</i>	1,5	0,61	17	<i>Aglantha digitale</i>	4,48	1,10
18	Echinodermata (larvae)	1,2	0,48	18	<i>Bivalvia veliger</i>	4,17	1,02
	Всего	230,7	95,50		Всего	384,78	94,30
	Весь зоопланктон	241,6	100		Весь зоопланктон	408,30	100

Таким образом, в сентябре 2017 г. на шельфе Чукотского моря в северо-восточной части биомассу крупной фракции определяли копеподы *C. glacialis*, которые домини-

ровали по биомассе, встречались *C. hyperboreus* и холодноводная крупная гипериида *T. libellula*. По данным американских исследователей в период съемки более холодная вода из арктического бассейна двигалась в восточную часть Чукотского моря и оба потока (арктические воды и воды из моря Бофорта) и ветры, приходящие с севера, возможно, перемещали воды с *C. hyperboreus* на шельф. Температура воды на поверхности была 2,6–3,9 °С. Копепода *C. hyperboreus* считается в Арктике индикатором атлантической воды. Средняя соленость и температура в море Бофорта, где встречался этот вид, составляли 34,3 ‰ и 0,3 °С (www.nprb.org/arctic-program/preiminary-result). На северо-западе полигона преобладали прибрежные воды Аляски, где соленость была меньше 31 ‰, а температура была выше — 6–8 °С. В зоопланктоне встречались в основном мелкие копеподы рода *Pseudocalanus*, *A. longiremis*, *C. abdominalis*, *E. herdmani*, *Podon* sp., *Epilabidocera amphitrites*, личинки полихет и иглокожих, усконогие раки и велигеры двустворчатых моллюсков. Южную часть шельфа занимала аляскинская прибрежная водная масса. Поверхностная температура воды здесь была до 8,5 °С. В прибрежье и в средней части шельфа преобладали виды неритического комплекса (рис. 6). Здесь численно доминировали копеподы рода *Pseudocalanus* и *O. similis*. Высокими были биомасса и численность видов прибрежных вод (*A. longiremis*), встречались также виды, выносящие некоторое распреснение вод: *C. abdominalis*, *E. herdmani*, *Podon* sp., *E. amphitrites*, особенно высокой были биомасса и численность *C. abdominalis*. В планктоне также были представлены личиночные формы донных беспозвоночных (личинки полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, иглокожих). В юго-восточную часть полигона поступали берингоморские воды, температура здесь была 4–6 °С, что и обусловило значительные концентрации фитопланктона. Состояние планктонного сообщества можно характеризовать как весенне-летнее. А биомассу крупной фракции определяли крупные копеподы, виды океанического берингоморского комплекса *C. glacialis/marshallae*, *E. bungii*, *M. pacifica*. Копепода *Neocalanus cristatus* не была отмечена в пробах зоопланктона, но встречалась в желудках сеголеток рыб (см. рис. 3).

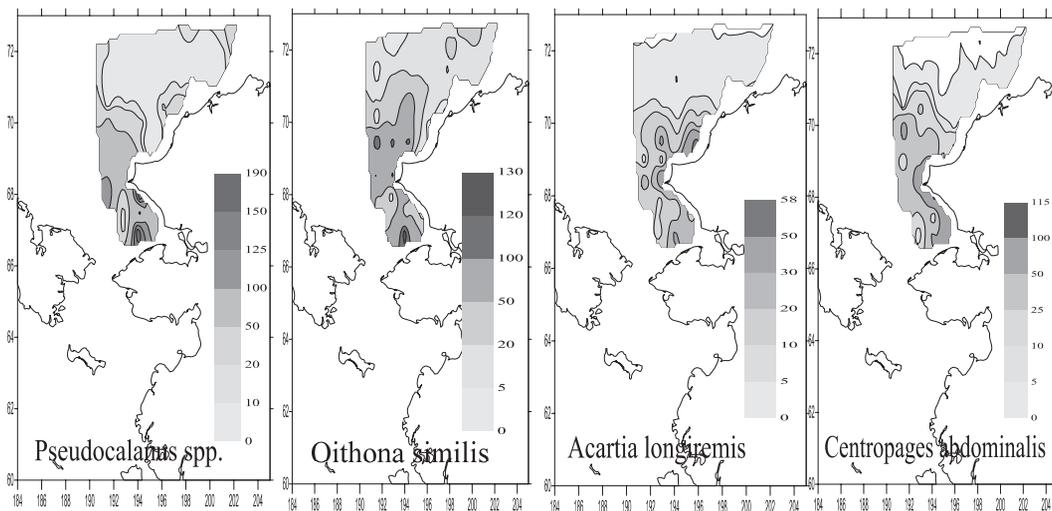


Рис. 6. Распределение видов зоопланктона мелкой и средней фракций в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г.

Fig. 6. Spatial distribution of small- and medium-sized species of zooplankton in the eastern Chukchi Sea in August-September, 2017

На шельф Чукотского моря в южной его части в теплое полугодие сильное влияние оказывают тихоокеанские воды, постоянно проникающие сюда с течениями (Khen et al., 2016). В Беринговом море выделяются три основные водные массы: аляскинская прибрежная, распространенная вдоль побережья п-ова Аляска, берингоморская шельфовая, холодная, формирующаяся у о. Святого Лаврентия, и анадырская. Эти же водные массы представлены в районе Берингова пролива. В Чукотском море анадырская

вода и вода берингоморского шельфа сливаются в одну водную массу, названную берингоморскими водами (Coachman et. al., 1975). В 2017 г. влияние берингоморских вод наблюдалось только на юго-востоке шельфа Чукотского моря. Преобладающей водной массой на шельфе была аляскинская прибрежная, для которой характерно доминирование мелкоразмерного планктона.

В сентябре 2017 г. в Чукотском море распределение зоопланктона было сходно с распределением зоопланктона в летний период в 2013 г. Американские исследователи (Pinchuk, Eisner, 2017) еще в 2012 и 2013 гг. в восточной части Чукотского моря отмечали отсутствие льда в северных районах моря с 72°30' с.ш. В 2013 г. тихоокеанский зоопланктон в основном был также распределен на юго-востоке чукотского шельфа, а на северо-востоке чукотского шельфа наблюдалось появление крупного арктического зоопланктона, копеподы *C. hyperboreus*. В районе наблюдений на северо-востоке моря была представлена популяция *C. glacialis* из арктических вод, на юго-востоке — из Берингова моря. В 2012 г. в районе наблюдений преобладали тихоокеанские воды, переносящие океанические виды от внешнего шельфа Берингова моря на северо-восток чукотского шельфа (Pinchuk, Eisner, 2017).

Во время проведения исследований в сентябре 2007 г. на шельфе в восточной части Чукотского моря от 70 до 66° с.ш. (это район южного полигона в 2017 г.) наблюдалась берингоморская водная масса с высокой биомассой зоопланктона. Доминировал зоопланктон крупной фракции, далее по мере убывания шли средняя и мелкая фракции, и биомасса зоопланктона в 2007 г. была во много раз выше, чем в 2017 г. (Волков, Murphy, 2007; рис. 7, табл. 5).

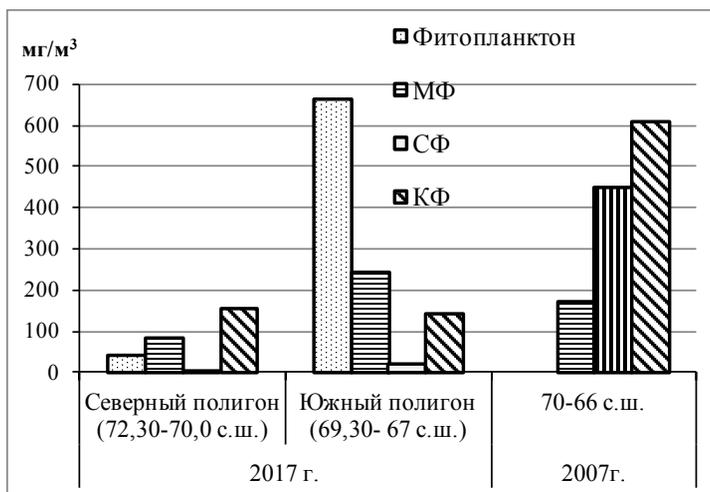


Рис. 7. Межгодовые изменения фракционного состава и биомассы планктона в сентябре 2017 и 2007 гг. в восточной части Чукотского моря, мг/м³

Fig. 7. Changes zooplankton biomass (total and by size fractions) in the eastern Chukchi Sea between September 2007 and August-September 2017, mg/m³

Американские исследователи (Gann et al., 2013) отмечали, что в период 2002–2011 гг. в Беринговом море в районе о. Св. Лаврентия, как правило, течение, направленное на север со скоростью примерно на 2–3 см · S⁻¹, ускорялось до 10–20 см · S⁻¹ при движении через Берингов пролив. Также ими было отмечено, что в южной части Берингова пролива наблюдалось большое количество крупного зоопланктона. Обилие крупного зоопланктона в южной части шельфа Чукотского моря в сентябре 2007 г. обеспечивали копеподы (*E. bungii*, *C. glacialis/marshallae*, *M. pacifica*), затем эвфаузииды (молодь *Th. raschii*) и другие виды, характерные для берингоморской воды. В мелком зоопланктоне преобладали личинки двустворчатых моллюсков и копеподы (*C. abdominalis*, *O. similis*, *Pseudocalanus* sp.) (Волков, Murphy, 2007; Eisner et al., 2013). Этот период наблюдений можно характеризовать как переходный от биологического лета к осени. Для этого времени характерны размножение и годовые максимумы численности *O. similis*

Таблица 5

Общие показатели планктона в восточной части Чукотского моря в 2017 и 2007 гг.

Table 5

Comparative parameters of plankton community in the eastern Chukchi Sea in 2017 and 2007

Планктон	2017 г.						2007 г.		
	Северный полигон (72°30'–70°00' с.ш.)			Южный полигон (69°30'–67°00' с.ш.)			70–66° с.ш.		
	Мг/м ³	Т/км ²	Запас, тыс. т	Мг/м ³	Т/км ²	Запас, тыс. т	Мг/м ³	Т/км ²	Запас, тыс. т
Фитопланктон	40,6	3,9	159,4	664,0	27,8	1005,4	0,0	0,0	0,0
Весь зоопланктон	241,6	22,9	948,8	408,3	17,1	618,2	1228,0	49,3	1992,4
Мелкая фракция	83,0	7,9	326,2	243,5	10,2	368,7	169,5	6,8	275,0
Средняя фракция	5,1	0,5	19,9	21,8	0,9	33,0	451,0	18,1	731,7
Крупная фракция	153,5	14,6	602,7	143,0	6,0	216,4	607,7	24,4	986,0
Copepoda	34,9	3,3	137,2	13,8	0,6	20,8	241,5	9,7	391,8
Euphausiacea	3,1	0,3	12,1	27,6	1,2	41,7	267,2	10,7	433,5
Hyperiididae	3,3	0,3	13,0	1,0	0,0	1,5	2,2	0,1	3,6
Chaetognatha	52,8	5,0	207,4	77,8	3,3	117,7	77,0	3,1	124,9
Coelenterata	22,3	2,1	87,7	2,5	0,1	3,8	8,6	0,3	14,0
Pteropoda	35,8	3,4	140,8	19,7	0,8	29,9	0,8	0,0	1,3
Decapoda	1,1	0,1	4,3	0,2	0,0	0,3	6,1	0,2	9,9
Appendicularia	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,4	2,7	0,1	4,4
Прочие	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1	2,3
Площадь, тыс. км ²	95			41,8			40,11		
Слой, м	41,3			36,2			40,5		
Объем, тыс. км ³ (50–0 м)	3,9			1,5			1,6		

и *Sagitta elegans*, в прибрежных районах увеличение численности *C. abdominalis*, *E. herdmani*, *Podon* sp., образование годового максимума численности личинок иглокожих и двустворчатых моллюсков. Осенью наблюдается годовой максимум численности копепод рода *Pseudocalanus*, что обусловило также высокие биомассы зоопланктона мелкой и средней фракций в этот период в 2007 г. (табл. 5). И в западной акватории Чукотского моря в его юго-восточной части в августе 2007 г., так же как и в сентябре 2007 г. в восточной части, наблюдалась берингоморская водная масса, которая по площади и по объему занимала 90–100 % (Слабинский, Фигуркин, 2014). На этом участке была отмечена высокая биомасса не только крупной, но и средней фракций планктона. В сентябре 2010 г., когда здесь распространялась берингоморская водная масса, биомасса крупной фракции также была максимальной (Слабинский, Фигуркин, 2014). Основу биомассы также составляли виды, характерные для берингоморской водной массы. Видимо, состав и структура планктонного сообщества зависят от распространения на шельфе восточной части Чукотского моря тех или иных водных масс.

Заключение

На шельфе восточной части Чукотского моря наибольшее распространение имели воды аляскинской прибрежной водной массы. В прибрежных водах в западной части северного полигона и в прибрежных водах и на шельфе южного полигона в планктонном сообществе преобладали виды средней и мелкой фракций. Здесь численно доминировали копеподы *Pseudocalanus* spp. и их копеподиты и *O. similis*. Высокой была биомасса и численность видов неритического комплекса — *C. abdominalis*, *A. longiremis*. Встречались также виды, выносящие некоторое распреснение вод: *E. herdmani*, *Podon* sp., *E. amphitrites*. В планктоне также были представлены личиночные формы донных беспозвоночных (личинки полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, иглокожих). В северо-восточной части шельфа биомассу крупной фракции зоопланктона определяла копепода *C. glacialis*, встречался *C. hyperboreus*, вид-индикатор

атлантических вод, холодноводная крупная гипериида *T. libellula*. Более холодная вода из арктического бассейна двигалась в восточную часть Чукотского моря, и оба потока (арктические воды и воды из моря Бофорта) и ветры, приходящие с севера, перемещали воды с *C. hyperboreus* на шельф. В южной части шельфа по биомассе и численности преобладал мелкий зоопланктон. В юго-восточной части шельфа были отмечены берингоморские воды, где наблюдались высокие концентрации фитопланктона. Здесь биомассу крупной фракции составляли крупные копеподы *C. glacialis/marshallae*, *E. bungii*, *M. pacifica*, являющиеся видами океанического берингоморского комплекса. Повышенная биомасса *S. elegans* определяется размножением этого вида, и его численность увеличивается в летний период.

Структура планктонного сообщества обеспечивала пищевые потребности сеголеток сайки, но биомасса планктона была относительно невысокой. Невысокие значения биомассы зоопланктона на обследованном участке моря можно объяснить весенне-летним состоянием планктонного сообщества, когда биомасса еще не достигла своих максимальных значений, как это наблюдалось, например, в сентябре 2007 г.

Список литературы

Борисов Б.М., Волков А.Ф., Горбатенко К.М. и др. Стандартные таблицы сырого веса и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 355–367.

Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. — 2008. — Т. 154. — С. 405–416.

Волков А.Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 306–311.

Волков А.Ф., Murphy J. Планктон и питание рыб в Чукотском и северной части Берингова моря // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — С. 70–80.

Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море / сост. А.Ф. Волков. — Владивосток : ТИНРО, 1984. — 31 с.

Слабинский А.М., Фигуркин А.Л. Структура планктонного сообщества южной части Чукотского моря в летний период // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 178. — С. 135–147.

Coachman L.K., Aagaard K., Tripp R.B. Bering Strait: the regional physical oceanography. — Seattle : Univ. Washington Press, 1975. — 172 p.

Eisner L.B., Hillgruber N., Martinson E., Maselko J. Pelagic fish and zooplankton species assemblages in relation to water mass characteristics in the northern Bering and southeast Chukchi seas // Polar Biol. — 2013. — Vol. 36, Iss. 1. — P. 87–113. DOI: 10.1007/s00300-012-1241-0.

Gann J.C., Eisner L.B., Danielson S. How do oceanographic characteristics in the northern Bering Sea relate to juvenile Salmon biomass? // NPAFC. Techn. Rep. — 2013. — № 9. — P. 83–89.

Khen G.V., Basuk E.O., Kivva K., Matveev V.I. Summer water masses and fish communities in the north-western Bering and western Chukchi Seas in 2003–2010 // PICES-2016. 25 Year of PICES: Celebrating the Past, Imagining the Future. — San Diego, 2016. — P. 112.

Pinchuk A.I., Eisner L.B. Spatial heterogeneity in zooplankton summer distribution in the eastern Chukchi Sea in 2012–2013 as a result of large-scale interactions of water masses // Deep-Sea Res. II. — 2017. — Vol. 135. — P. 27–39. DOI: 10.1016/j.dsr2.2016.11.003.

References

Borisov, B.M., Volkov, A.F., Gorbatenko, K.M., Koval, M.V., and Shershneva, V.I., Standard tables of the wet weight and some biochemical parameters (calorie content, fats, proteins, carbohydrates, and the mineral rest) of zooplankton in the Far East Seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 138, pp. 355–367.

Volkov, A.F., Technique of collecting and processing the samples of plankton and the samples on nekton feeding (step-by-step instructions), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2008, vol. 154, pp. 405–416.

Volkov, A.F., Method of zooplankton sampling, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1996, vol. 119, pp. 306–311.

Volkov, A.F. and Murphy, J.M., Plankton and diet of fish in the Chukchi Sea and the northern Bering Sea, *Byull. N 2 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoii programmy izucheniya*

tikhookeanskikh lososei” (Bull. no. 2 Implementation “Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon”), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2007, pp. 70–80.

Volkov, A.F., *Rekomendatsii po ekspress-obrabotke setnogo planktona v more* (Recommendations on the Technique of Rapid Processing of Net Plankton at Sea), Vladivostok: TINRO, 1984.

Slabinsky, A.M. and Figurkin, A.L., Structure of planktonic community in the southern part of the Chukchi Sea in summer period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 178, pp. 135–147.

Coachman, L.K., Aagaard, K., and Tripp, R.B., *Bering Strait: the Regional Physical Oceanography*, Seattle: Univ. Washington Press, 1975.

Eisner, L.B., Hillgruber, N., Martinson, E., and Maselko, J., Pelagic fish and zooplankton species assemblages in relation to water mass characteristics in the northern Bering and southeast Chukchi seas, *Polar Biol.*, 2013, vol. 36, no. 1, pp. 87–113. doi 10.1007/s00300-012-1241-0

Gann, J.C., Eisner, L.B., and Danielson, S., How do oceanographic characteristics in the northern Bering Sea relate to juvenile Salmon biomass?, *NPAFC Techn. Rep.*, 2013, no. 9, pp. 83–89.

Khen, G.V., Basuk, E.O., Kivva, K., and Matveev, V.I., Summer water masses and fish communities in the north-western Bering and western Chukchi Seas in 2003–2010, in *PICES-2016, 25 Year of PICES: Celebrating the Past, Imagining the Future*, San Diego: PICES, 2016, p. 112.

Pinchuk, A.I. and Eisner, L.B., Spatial heterogeneity in zooplankton summer distribution in the eastern Chukchi Sea in 2012–2013 as a result of large-scale interactions of water masses, *Deep Sea Res., Part II*, 2017, vol. 135, pp. 27–39. doi 10.1016/j.dsr2.2016.11.003

Поступила в редакцию 27.06.18.

Принята в печать 13.07.18 г.