

**УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ  
ENVIRONMENTS OF FISHERIES RESOURCES**

Научная статья

УДК 574.583(268.56)

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-122-145

**СОСТАВ, СТРУКТУРА И БИОМАССА ЗООПЛАНКТОНА  
В ЧУКОТСКОМ МОРЕ В АВГУСТЕ-СЕНТЯБРЕ 2019 Г.****Н.А. Кузнецова, К.М. Горбатенко, А.Л. Фигуркин\***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**Аннотация.** Представлены результаты гидробиологических исследований, выполненных в августе-сентябре 2019 г. в западной части Чукотского моря на НИС «Профессор Леванидов» и в восточной части на НИС «Ocean Start». Биомассу зоопланктона в северо-западной части Чукотского моря определяли виды арктического и арктическо-бореального комплекса: *Calanus glacialis* и занесенные из Восточно-Сибирского моря, в северо-восточной также копеподы *C. glacialis*, медузы *Aglantha digitale* и виды арктических вод и моря Бофорта. В зоопланктоне повсеместно доминировали сагитты *Parasagitta elegans*. В южной части Чукотского моря, на акватории, занятой беринговоморскими водами, доминировали виды беринговоморского комплекса, проникающие из Берингова моря: *Eucalanus bungii*, *Neocalanus plumchrus/flemingeri*. В восточной части преобладали также неритические виды, характерные для аляскинской прибрежной водной массы. В северном районе наблюдался весенний период развития планктонного сообщества, в южной части моря его состояние можно характеризовать как летнее. В 2019 г. общая плотность зоопланктона в северо-западной части моря составила 65 т/км<sup>2</sup>, доминировала крупная фракция — 56 т/км<sup>2</sup>, за счет сагитт (35 т/км<sup>2</sup>) и копепод (13 т/км<sup>2</sup>). В юго-западной части моря общая плотность зоопланктона и его крупной фракции (48 и 40 т/км<sup>2</sup>) находилась на уровне биомассы в годы значительного поступления в этот район беринговоморских вод (2008 г. — 40 и 36 т/км<sup>2</sup>). В восточной акватории моря общая плотность зоопланктона на севере составила 44 т/км<sup>2</sup> (КФ — 29 т/км<sup>2</sup>, МФ — 12 т/км<sup>2</sup>), на юге — 43 т/км<sup>2</sup> (КФ — 24, МФ — 14), что выше, чем в 2017 г., — 15 т/км<sup>2</sup>, но меньше, чем в 2007 г., — 49 т/км<sup>2</sup>. Состояние планктонного сообщества в 2019 г. — летнее, в 2017 г. — весеннее, а в 2007 г. — позднелетнее.

**Ключевые слова:** Чукотское море, зоопланктон, фракция, биомасса, структура, запас.

**Для цитирования:** Кузнецова Н.А., Горбатенко К.М., Фигуркин А.Л. Состав, структура и биомасса зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г. // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 1. — С. 122–145. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-122-145.

\* Кузнецова Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, natalya.kuznetsova@tinro-center.ru; Горбатенко Константин Михайлович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru; Фигуркин Александр Леонидович, кандидат географических наук, заведующий сектором, aleksandr.figurkin@tinro-center.ru.

## Species composition, structure and biomass of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019

Natalia A. Kuznetsova\*, Konstantin M. Gorbatenko\*\*, Aleksander L. Figurkin\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

\* Ph.D., leading researcher, natalya.kuznetsova@tinro-center.ru

\*\* D.Biol., principal researcher, konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru

\*\*\* Ph.D., head of section, aleksandr.figurkin@tinro-center.ru

**Abstract.** Plankton survey was conducted in the Chukchi Sea in August-September 2019 by two research vessels: RV Professor Levanidov in the western part of the sea and RV Ocean Starr in its eastern part. *Parasagitta elegans* dominated everywhere in zooplankton. Beside these arrowworms, species of the arctic and arctic-boreal complex were abundant in the northwestern Chukchi Sea, as *Calanus glacialis* and other species typical for the adjacent East-Siberian Sea. *C. glacialis* was numerous in the northeastern Chukchi Sea, too, together with species of the Arctic waters and the Beaufort Sea. The southern Chukchi Sea was occupied by the waters invaded from the Bering Sea, so species of the Bering Sea complex were abundant there, as *Eucalanus bungii* and *Neocalanus plumchrus/flemingeri*, at Alaska coast together with neritic species typical for the Alaska coastal water mass. The zooplankton community structure corresponded to the spring phase of seasonal succession in the northern area, whereas to the summer phase in the southern area. Total density of zooplankton was estimated as 65 t/km<sup>2</sup> for the northwestern part of the sea, presented mostly by large-sized fraction (56 t/km<sup>2</sup>) including arrowworms (35 t/km<sup>2</sup>) and copepods (13 t/km<sup>2</sup>), and as 48 t/km<sup>2</sup> for the southwestern part of the sea, also mostly large-sized fraction (40 t/km<sup>2</sup>). So high zooplankton density in the western Chukchi Sea is considered as result of the Bering Sea waters advection (previously such abundance was observed in 2008 — 40 and 36 t/km<sup>2</sup>, when the advection was also active). In the eastern Chukchi Sea, the total density of zooplankton was 44 t/km<sup>2</sup> in the northeastern area (including 29 t/km<sup>2</sup> of large-sized fraction) and 43 t/km<sup>2</sup> in the southeastern area, that was higher than in 2017 (15 t/km<sup>2</sup>) but lower than in 2007 (49 t/km<sup>2</sup>). However, different phases of seasonal succession should be noted: summer season in 2019, spring season in 2017, and late-summer season in 2007.

**Keywords:** Chukchi Sea, zooplankton, size fraction, zooplankton biomass, species structure, stock of zooplankton.

**For citation:** Kuznetsova N.A., Gorbatenko K.M., Figurkin A.L. Species composition, structure and biomass of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 1, pp. 122–145. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-122-145.

## Введение

Данные по Чукотскому морю о видовом составе зоопланктона (в основном copepod), состоянии планктонного сообщества и количественные показатели по исследованиям, проведенным в Арктике в 1930–1950-е гг., были опубликованы в работах российских исследователей [Богоров, 1939; Яшнов, 1940; Бродский, 1950; Виркетис, 1952; Зенкевич, 1963; Бродский и др., 1983]. На большей части Чукотского моря К.А. Бродский с соавторами [1983] отмечали большое влияние как арктической, так и бореальной фаун, при этом преобладала бореальная (северотихоокеанская) фауна. Для южной, центральной и восточной частей моря ими была выделена чукотская группировка калянид, в которой по биомассе доминировали *Pseudocalanus minutus* и *Calanus glacialis*. Но эти выводы были основаны на небольшом материале, также в тот период не применяли коэффициенты уловистости и все количественные показатели (численность и биомасса) рассчитывали без учета недолова зоопланктона планктонными сетями. В августе-сентябре 2003, 2007–2008 и 2010 гг. ТИНРО-центром были проведены рыбохозяйственные исследования в юго-западном районе Чукотского моря для оценки его биологических ресурсов, состояния запасов промысловых объектов и условий их обитания. В юго-восточной части моря в 2007 г. по программе НПАФК

проводились исследования на НИС «Oscar Dyson» с участием российских ученых. В результате были получены качественные и количественные характеристики состояния планктонных сообществ, что дало возможность проводить сравнение и оценку количественных показателей планктона [Волков, Murphy, 2007; Кузнецова, Слабинский, 2007; Фигуркин, Слабинский, 2012; Слабинский, Фигуркин, 2014].

В Чукотском море потепление отмечалось уже с начала 21 в., когда количество мягких зим увеличилось в среднем на 36 % по сравнению с 20 в. [Думанская, 2017]. Более раннее наступление «летних» условий в Беринговом море и увеличение притока теплой тихоокеанской воды в Чукотское море приводит к более длительному летнему периоду безо льда [Woodgate et al., 2012]. Анализ полученных данных по биомассе пелагических сообществ за период с 1946 по 2012 г. показал, что с уменьшением морского льда и изменениями водной массы в Чукотском море наблюдались межгодовые изменения в сообществе зоопланктона. Значительное увеличение биомассы и численности зоопланктона в пределах южной части Чукотского моря, скорее всего, отражает увеличение притока богатой биомассой тихоокеанской водной массы в течение более длительного лета. Наблюдается также смещение ареалов распространения нескольких ключевых видов, а теплые летние температуры в сочетании с меняющейся фенологией способствуют более раннему развитию видов [Ershova et al., 2015].

В августе 2019 г. в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов на 2019 г. на НИС «Профессор Леванидов» в российских водах Чукотского моря были проведены океанографическая, траловая и планктонная съемки. Исследования, помимо юго-западной части моря, впервые охватили и северо-западную часть.

В восточной части Чукотского моря в августе-сентябре 2017 и 2019 гг. в рамках американской Программы комплексного исследования экосистем Арктики (The Arctic Integrated Ecosystem Survey, Arctic IES) были проведены комплексные исследования, в том числе и планктонологические.

Цель настоящего исследования — оценка качественных, количественных и региональных особенностей биомассы и структуры планктонных сообществ, а также ресурсов зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.

### Материалы и методы

Настоящая работа основана на материале, полученном в экспедициях в 2019 г. на НИС «Профессор Леванидов» на шельфе Чукотского моря в российских водах и на шельфе в восточной части в американских водах Чукотского моря. Один из авторов, Н.А. Кузнецова (ТИНРО-центр), была приглашена для участия в морских экспедициях в 2017 и 2019 гг. в Чукотское море на НИС «Ocean Star», где ею были проведены сборы и обработка проб зоопланктона по методике, принятой в ТИНРО-центре [Волков, 2008]. Для получения интегральных характеристик район исследования был поделен на 4 района. Российские воды (западная часть Чукотского моря): 1 — южный район, 2 — северный район; американские воды (восточная часть моря): 3 — южный район, 4 — северный район. В российских водах Чукотского моря исследования были проведены в южном районе с 11 по 19 августа (район 1), в северном районе с 21 по 28 августа 2019 г. (район 2), диапазон глубин соответственно 35–64 и 57–265 м (рис. 1). В американских водах в северном районе сборы зоопланктона были проведены с 28 августа по 11 сентября (район 4), в южном — с 17 по 26 сентября 2019 г. (район 3). В северном районе глубины находились в пределах 24–64 м (лишь на северо-востоке на 5 станциях глубины были от 93 до 1156 м); в южном — 20–59 м. Планктон облавливался сетью БСД, площадь входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup>, капроновое сито № 49, размер ячеек 0,168 мм, в слое 200–0 м или «дно»–0 м, если глубина была менее 200 м. Скорость подъема сетей — 0,7 м/с. В Чукотском море в августе-сентябре 2019 г. в российской

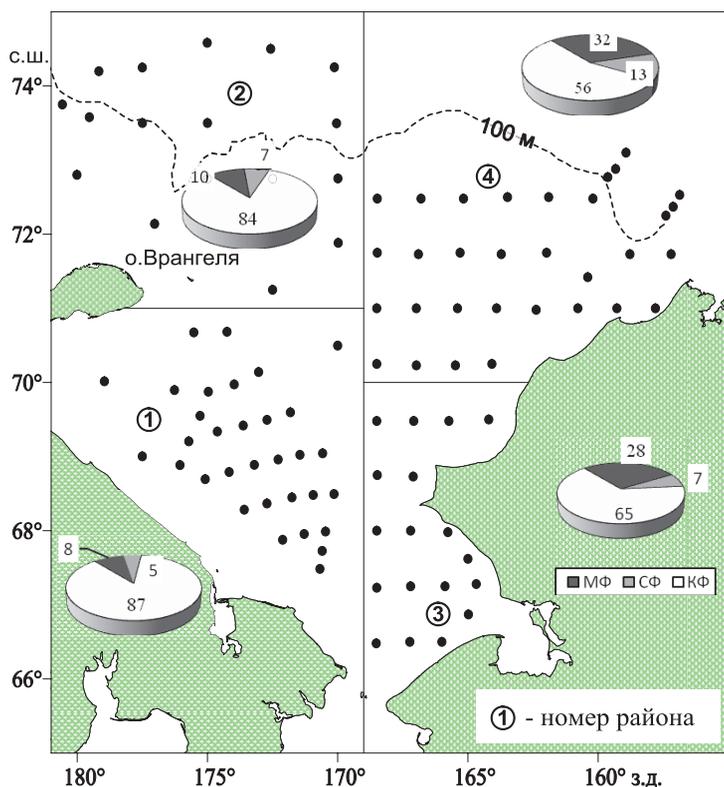


Рис. 1. Районы работ и схема расположения гидробиологических станций в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г. Российские воды: 1 — юго-западный, 2 — северо-западный; американские воды: 3 — юго-восточный, 4 — северо-восточный районы. Циклограммы — состав биомассы зоопланктона, %: МФ — мелкая, СФ — средняя, КФ — крупная фракции

Fig. 1. Scheme of surveys in the Chukchi Sea in August-September 2019. Russian waters: 1 — southwestern area, 2 — northwestern area; American waters: 3 — southeastern area, 4 — northeastern area. Cyclograms — percentage composition of zooplankton biomass: MF — small-sized fraction, SF — medium-sized fraction, KF — large-sized fraction

зоне было собрано 48, в американской — 50 проб зоопланктона. При обработке пробы зоопланктона разделяли на размерные фракции. В итоге получаются 3 фракции: мелкая (длина животных от 0,6 до 1,2 мм), средняя (1,2–3,2 мм) и крупная (> 3,2 мм). Численность мелкой и средней фракций подсчитывали в камере Богорова, а крупной — тотально. В полученные результаты вводили поправки на недолов: для мелкой фракции — 1,5; для средней — 2,0. Для планктона крупной фракции применялись группо-специфические 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 [Борисов и др., 2004; Волков, 2008].

**Океанологические условия в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.** Чукотское море относится к окраинным морям, его северная часть свободно сообщается с холодными водами Северного Ледовитого океана между меридианами 180° в.д. и 156° з.д. Известно, что неперIODическую составляющую циркуляции вод южной части Чукотского моря обеспечивают два основных течения: Берингоморское, выносящее воды тихоокеанского происхождения через Берингов пролив широким веером от северо-восточного до северо-западного направления, и вдольбереговой поток распресненных вод Сибирского течения в направлении от прол. Лонга к Бе-

рингову проливу [Коучмен и др., 1979; Добровольский, Залогин, 1982; Weingartner et al., 2005; Danielson et al., 2014] (рис. 2). Режим Чукотского моря складывается под влиянием арктического бассейна и Тихого океана. С начала 21 в. идет активная интенсификация процесса уменьшения ледяного покрова [Плотников и др., 2020]. В мае под действием теплого Берингоморского течения от Берингова пролива начинает распространяться на север зона чистой воды. В последние годы гидрологической особенностью было отсутствие льда в Чукотском море в летние месяцы на всем шельфе до 75° с.ш.

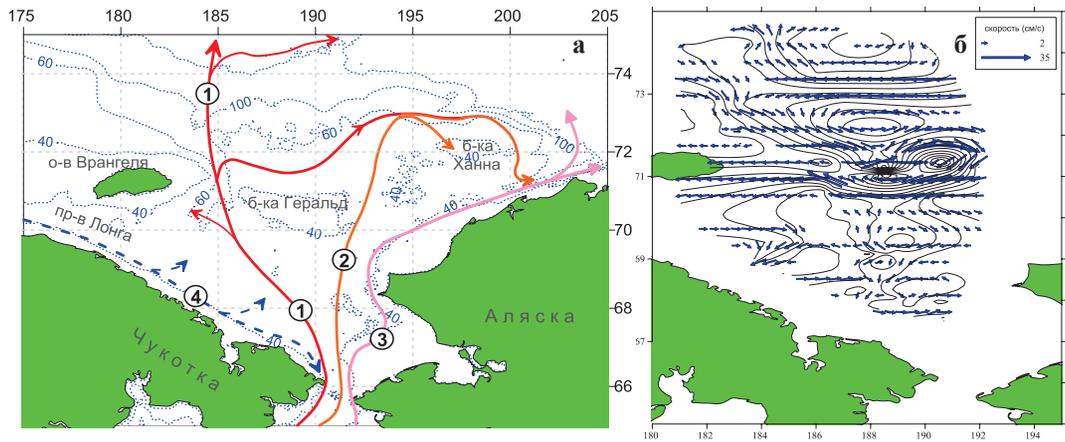


Рис. 2. Основные географические названия и схема течений Чукотского моря: 1 — течение жолоба Геральда, 2 — течение жолоба Центрального, 3 — прибрежное Аляскинское, 4 — прибрежное Сибирское течение [Weingartner et al., 2005]; изобаты 40, 60 100 и 200 м (а) и геострофическая составляющая течений 0/100 м, Чукотское море, НИС «Профессор Леванидов», 11–29 августа 2019 г. (б)

Fig. 2. Scheme of the Chukchi Sea currents: а) 1 — Herald Trench Current, 2 — Central Trough Current, 3 — Alaska Coastal Current, 4 — Siberian Coastal Current; isobaths of 40, 60 100 and 200 m are shown; б) geostrophic currents at the sea surface relative to 100 m depth, on the data of RV Professor Levaniidov survey on August 11–29, 2019

Картина геострофической составляющей течений в августе 2019 г. (рис. 2) существенно сложнее средней схемы. Помимо циклонической циркуляции теплых и соленых вод берингоморского происхождения над южным участком, примыкающем к Берингову проливу, наблюдалась еще одна зона влияния берингоморских вод с циклонической циркуляцией (севернее и северо-западнее банки Геральда, над изобатами шельфа 50–100 м). По западной и северной периферии участков вод берингоморского происхождения отмечались трансформированные зимние воды, в том числе холодные, сильно распресненные таянием вдоль кромки арктических льдов, которые проявлялись антициклоническим характером циркуляции. На карте течений, рассчитанной по спутниковой альтиметрии, по всей ширине прол. Лонга доминировал поток с востока на запад, что позволяет предполагать относительно слабое развитие прибрежной ветви Сибирского течения в период съемки.

В августе 2019 г. в северо-западной части Чукотского моря, к северу от 73° с.ш. температура вод на поверхности изменялась от 0,5 до 4,0 °С при солёности 26,5–29,5 ‰. Такое распределение было обусловлено доминированием вод арктического происхождения. В южной части российской зоны моря на поверхности преобладала относительно высокая температура, от 6,0 до 8,0 °С, формируемая проникновением через Берингов пролив берингоморских вод с максимумом до 9,5 °С южнее банки Геральда (рис. 3). На северном участке вод берингоморского происхождения температура поверхностного слоя также достигала очень высоких значений, 5–7 °С,

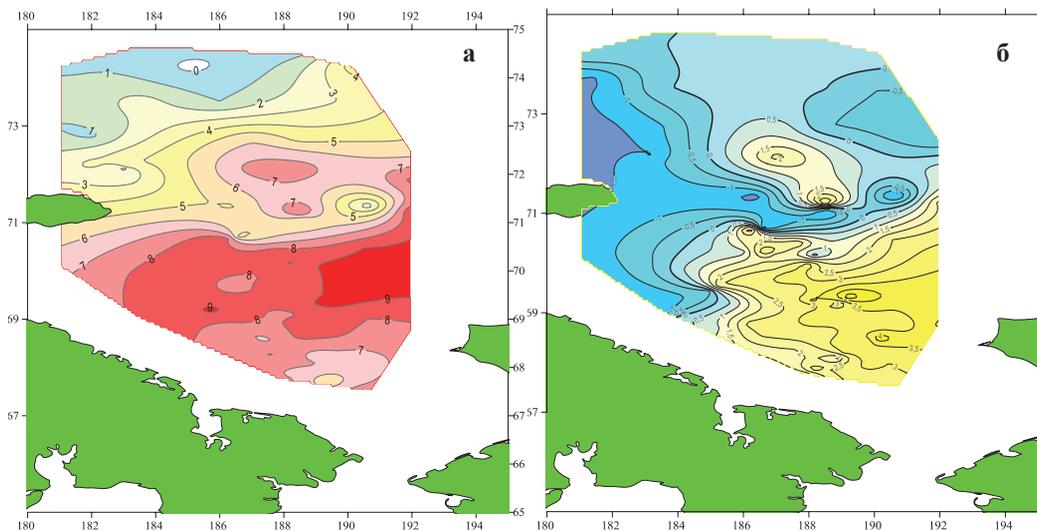


Рис. 3. Распределение температуры в поверхностных (а) и придонных (б) водах в западной части Чукотского моря, НИС «Профессор Леванидов», август 2019 г.

Fig. 3. Water temperature at the sea surface (a) and at the bottom (б) in the western Chukchi Sea (RV Professor Levanidov, August 2019)

но их соленость (26,0–30,6 ‰) была меньше, чем на южном участке (30,0–33,0 ‰), что показывает возможное влияние Аляскинской прибрежной ветви. Температура придонных вод южного района постепенно уменьшалась от 3,0...4,8 °С со стороны Берингова пролива до –1,4 °С — в сторону прол. Лонга. Температура придонных вод северного района уменьшалась от 2,2 °С в зоне влияния берингоморских вод до –1,7 °С на изобатах менее 100 м северного склона о. Врангеля (рис. 3).

В восточной части моря в районе съемки от 72,5° с.ш. в Чукотском море до прибрежных районов моря Бофорта и к югу до Берингова пролива не было морского льда. Во время предыдущих съемок, которые проводились в 2012 и 2013 гг., в северных регионах нашей области исследований присутствовал лед [Moss et al., 2009; Eisner et al., 2013; Pinchuk, Eisner, 2017]. Температура поверхности моря была выше, чем в предыдущие годы, и составляла от 5,3 до 10,9 °С. В северо-восточной части Чукотского моря, где на шельф поступала холодная вода из арктического бассейна и из моря Бофорта, максимальная температура на поверхности была в пределах 2,0–3,5 °С, в юго-восточном районе в слое 0–5 м температура воды была 7,4–10,9 °С\*. В 2017 г. на северо-востоке температура была 0,3 °С, на северо-западе, где преобладали прибрежные воды Аляски, — 6,0–8,0 °С. В юго-восточной части моря в берингоморских водах поверхностная температура была 4,0–6,0 °С, но часть шельфа занимала аляскинская прибрежная водная масса с температурой 8,5 °С.

В южной части моря высокая температура обусловлена, с одной стороны, притоком берингоморских вод, а с другой — летним прогревом верхних горизонтов. Традиционное более высокое теплосодержание в Аляскинской ветви берингоморских вод по сравнению с их западными участками было усилено и более поздними сроками обследования этого участка (длительность периода их активного прогрева была на полмесяца-месяц больше, чем для вод российской зоны).

\* Farley E., Cieciel K., Vollenweider J. et al. Arctic Integrated Ecosystem Survey. Cruise Report to the Arctic Integrated Research Program. August 1 to October 3, 2019. 118 p.

### Результаты и их обсуждение

На шельфе Чукотского моря биомасса зоопланктона составляла в западной части моря 766,2 мг/м<sup>3</sup> и 951,9 мг/м<sup>3</sup> — в восточной. Средняя величина биомассы крупной фракции в западной части шельфа Чукотского моря равнялась 649,8 мг/м<sup>3</sup>, что составляет 84,8 % от общего количества зоопланктона. Доля мелкого и среднеразмерного зоопланктона составляла от общей биомассы зоопланктона соответственно всего 9 и 6 %. В восточной части моря доля крупного зоопланктона была ниже, всего 59,1 % (563 мг/м<sup>3</sup>), за счет высоких биомасс мелкого и среднего планктона — соответственно 30,0 и 11,0 % (табл. 1). На карте горизонтального распределения мелкого и среднеразмерного планктона (рис. 4) видно, что наибольшие скопления были отмечены в восточной части моря.

Таблица 1  
Биомасса фракций и групп крупной фракции зоопланктона в различных районах Чукотского моря в августе-сентябре 2019 г., мг/м<sup>3</sup>

Table 1

Biomass of large-sized fraction of zooplankton and its taxonomic groups in August-September 2019, by areas of the Chukchi Sea, mg/m<sup>3</sup>

Показатель	Западная часть моря			Восточная часть моря		
	Северный	Южный	Весь шельф	Северный	Южный	Весь шельф
<i>Биомасса</i>						
Фитопланктон	172,7	19,9	96,3	111,9	100,1	106,0
Весь зоопланктон	535,6	996,7	766,2	684,5	1219,4	951,9
Мелкая фракция	45,0	96,5	70,7	188,8	383,6	286,2
Средняя фракция	25,4	65,8	45,6	48,4	157,1	102,7
Крупная фракция	465,2	834,4	649,8	447,4	678,7	563,0
<i>Биомасса групп крупной фракции</i>						
Chaetognatha	291,8	277,2	284,5	280,0	400,1	340,0
Soropoda	103,9	266,4	185,2	34,8	85,6	60,2
Euphausiacea	21,9	110,7	66,3	7,8	58,5	33,2
Amphipoda	19,7	7,2	13,4	13,6	4,9	9,3
Decapoda	1,5	12,4	6,9	1,2	0,2	0,7
Mysidacea	7,0	32,4	19,7	3,0	1,7	2,4
Coelenterata	11,1	94,8	53,0	98,9	44,1	71,5
Pteropoda	3,8	1,6	2,7	2,5	65,5	34,0
Tunicata	4,0	1,6	2,8	4,8	17,6	11,2
Прочие	0,6	30,0	15,3	0,8	0,6	0,7

**Фитопланктон.** Максимальная биомасса фитопланктона наблюдалась в северных районах моря (табл. 1), где температура воды была минимальной. В северо-западной части в зоне влияния вод из Восточно-Сибирского моря она достигала 1400 мг/м<sup>3</sup>, а на северо-востоке — 977 мг/м<sup>3</sup> в зоне взаимодействия холодных арктических вод и аляскинской прибрежной водной массы (рис. 4). Средняя величина биомассы фитопланктона составляла 172,7 мг/м<sup>3</sup> в западном районе и 112,0 мг/м<sup>3</sup> в восточном. Основу «цветения» создавали диатомовые водоросли из рода *Chaetoceros* (*Ch. atlanticus*) и *Thalassiothrix*, *Ceratium*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia*. В южной части шельфа отмечена более высокая температура, чем на севере, и обусловлена она, с одной стороны, притоком берингоморских вод, а с другой — летним прогревом верхних горизонтов. В западной части наблюдалось незначительное развитие фитопланктона (20 мг/м<sup>3</sup>), а повышенная биомасса (167 мг/м<sup>3</sup>) в районе трансформированных тихоокеанских вод и вод северной части Анадырского залива, возможно, связана с ее механическим накоплением за счет циклонического круговорота, характерного для данной области.

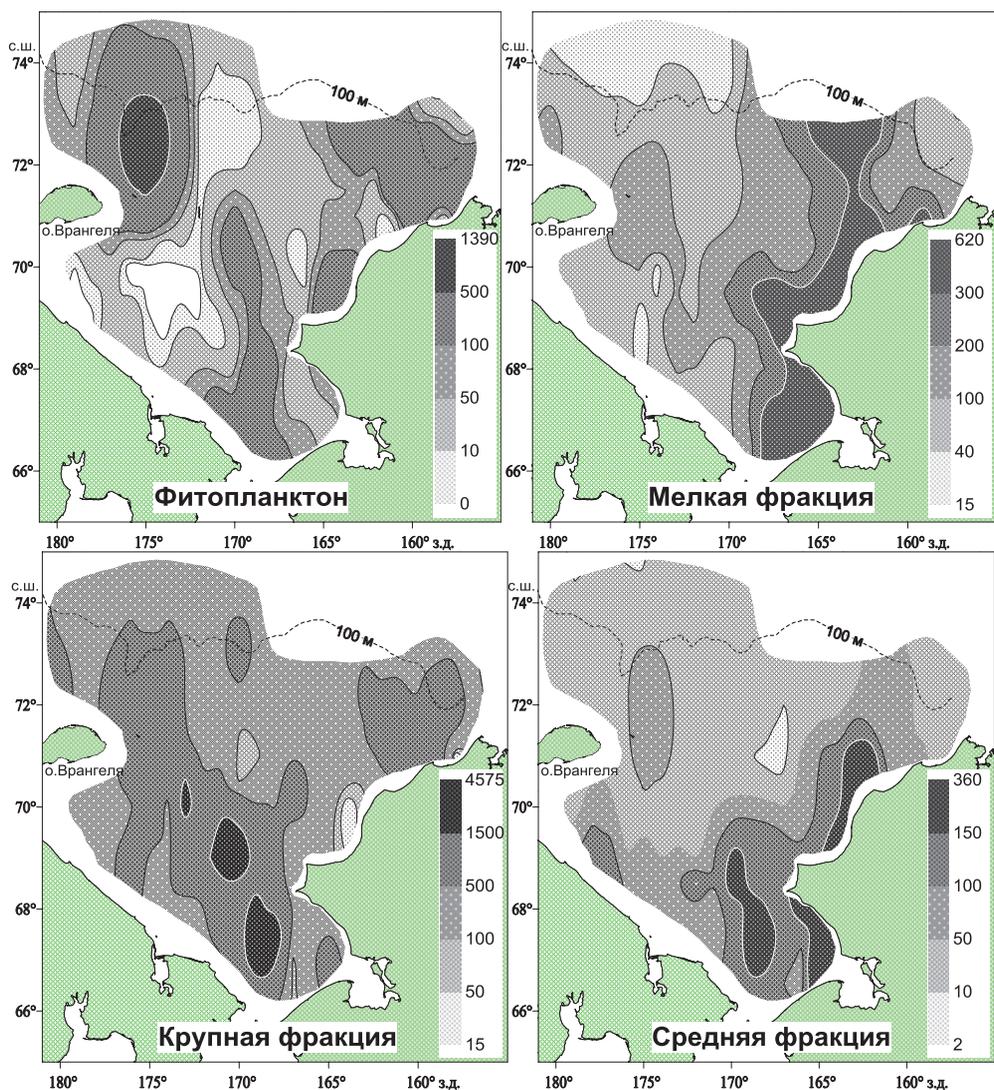


Рис. 4. Распределение фитопланктона и размерных фракций зоопланктона в эпипелагиали Чукотского моря в слое 200–0 м («дно»–0 м) в летний период 2019 г., мг/м<sup>3</sup>

Fig. 4. Distribution of phyto- and zooplankton in the layer 0–200 m (0–«bottom») in August-September 2019, by size fractions, mg/m<sup>3</sup>

В восточной части высокие значения биомассы фитопланктона (360–509 мг/м<sup>3</sup>) были отмечены в прибрежье и у Берингова пролива, в зоне взаимодействия трансформированных берингоморских вод с аляскинской прибрежной массой, средняя биомасса — 110 мг/м<sup>3</sup>. Основу биомассы формировали диатомовые водоросли из родов *Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, *Thalassiothrix*, *Chaetoceros* и *Rhizosolenia*. В северной части моря состояние планктонного сообщества можно оценить как весеннее (биологическая весна), в южной — как летнее (биологическое лето).

**Зоопланктон.** В западной части моря биомасса мелкого зоопланктона составляла в северном районе 45,0 мг/м<sup>3</sup> и в южном — 96,5 мг/м<sup>3</sup> (табл. 1), основу его биомассы формировал 1 вид копепод — *Ps. minutus*. Повышенной была биомасса науплии и циприсов *Cirripedia*, копеподитов родов *Calanus*, *Neocalanus* и *Metridia*, но основные концентрации зоопланктона мелкой фракции располагались в юго-восточной части шельфа, так же как и средней фракции (рис. 4, табл. 1–3). В средней фракции в северном районе многочис-

Биомасса зоопланктона мелкой фракции в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г., мг/м<sup>3</sup>Biomass of small-sized fraction of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019, mg/m<sup>3</sup>

Вид	Западная часть моря			Восточная часть моря		
	Северный	Южный	Весь шельф	Северный	Южный	Весь шельф
<i>Pseudocalanus minutus</i> , spp.	51,22	22,77	37,0	80,98	196,15	138,56
<i>Oithona similis</i>	8,63	7,76	8,2	35,71	90,32	63,02
Calanus, copepodits	9,39	2,77	6,1	0,15	–	0,07
Neocalanus, copepodits	4,68	0,03	2,4	–	–	–
Metridia, copepodits	1,03	0,44	0,7	0,16	–	0,08
<i>Centropages abdominalis</i>	2,25	0,36	1,3	0,42	5,29	2,85
<i>Oithona plumifera</i>	0,51	0,11	0,3	1,43	0,40	0,91
Copepodits 1–2 стадии	0,78	3,33	2,1	1,64	14,42	8,03
Copepoda (nauplius)	0,19	0,59	0,4	1,35	4,51	2,93
<i>Acartia clausi</i> , copepodits	0,39	0,20	0,3	2,85	6,13	4,49
<i>Acartia longiremis</i>	0,32	0,14	0,2	–	–	–
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	0,11	0,03	0,1	–	0,32	0,16
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	0,08	0,05	0,1	0,63	1,59	1,11
Яйца Copepoda	0,00	0,01	0,01	0,13	0,02	0,08
<i>Tortanus discaudatus</i>	0,01	0,00	0,003	–	0,79	0,39
<i>Limnocalanus macrurus</i>	0,01	0,36	0,2	–	–	–
<i>Microsetella norvegica</i>	0,003	0,004	0,003	0,11	0,50	0,31
<i>Eurytemora</i> sp.	0,04	0,06	0,05	–	1,15	0,57
<i>Oncaea borealis</i>	0,03	0,06	0,05	0,49	1,45	0,97
<i>Cladocera</i> spp.	0,03	0,00	0,01	–	0,33	0,17
<i>Scolecithricella minor</i>	0,02	0,01	0,01	–	–	–
<i>Temora longicornis</i>	–	0,04	0,02	–	–	–
<i>Corycaeus</i> sp.	–	0,001	0,0005	–	–	–
<i>Podon</i> sp.	–	–	–	1,04	7,41	4,22
<i>Evadne</i> sp.	–	–	–	0,26	0,72	0,49
Harpacticoida	–	–	–	0,42	1,16	0,79
<b>Соперода всего</b>	<b>79,7</b>	<b>39,1</b>	<b>59,4</b>	<b>127,8</b>	<b>332,7</b>	<b>230,2</b>
<i>Aglantha digitale</i>	1,99	1,11	1,5	13,72	0,00	6,86
Coelenterata gen. sp.	1,21	0,06	0,6	4,68	2,50	3,59
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	1,10	0,26	0,7	0,35	2,3	1,30
Cirripedia (nauplius, cyprys)	10,75	2,14	6,4	0,41	1,11	0,76
<i>Fritillaria borealis</i>	0,05	0,00	0,02	15,81	17,27	16,54
Echinodermata (larvae)	–	–	–	12,70	0,57	6,64
Veliger Bivalvia	0,19	0,08	0,1	5,17	12,2	8,69
<i>Limacina helicina</i>	0,15	0,37	0,3	0,61	6,5	3,55
<i>Sagitta</i> sp.	0,07	0,01	0,04	2,88	2,93	2,90
Polychaeta (larvae)	0,35	0,34	0,3	1,71	3,62	2,66
Themisto juv.	0,50	–	0,3	–	–	–
Decapoda (larvae)	0,53	0,09	0,3	–	–	–
Euphausiacea (nauplius)	0,15	0,62	0,4	–	–	–
Яйца Euphausiacea	0,10	0,30	0,2	0,08	0,05	0,06
<i>Clione limacina</i> (larvae)	0,06	0,17	0,1	–	–	–
<i>Globigerina bulloides</i>	0,04	0,06	0,05	–	–	–
Radiolaria	–	0,01	0,00	–	–	–
<i>Conchoecia</i> sp.	–	0,30	0,2	0,02	–	0,01
Isopoda	–	–	–	–	0,98	0,98
<i>Ophiura</i> sp. (larvae)	–	–	–	–	0,06	0,06
Ova spp.	–	–	–	2,86	0,86	1,86

Таблица 3

Биомасса зоопланктона средней фракции в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г., мг/м<sup>3</sup>

Table 3

Biomass of medium-sized fraction of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019, mg/m<sup>3</sup>

Вид	Западная часть моря			Восточная часть моря		
	Северный	Южный	Весь шельф	Северный	Южный	Весь шельф
<i>Pseudocalanus minutus</i> , spp.	9,69	42,71	26,20	9,86	55,93	32,89
<i>Calanus glacialis</i>	2,42	2,06	2,0	1,32	–	0,66
<i>Calanus finmarchicus</i>	3,05	0,01	1,80	–	–	–
<i>Metridia longa</i>	1,11	4,40	2,70	–	–	–
<i>Bradyidius similis</i>	1,71	–	0,90	–	–	–
<i>Calanus hyperboreus</i>	0,60	0,06	0,30	–	–	–
<i>Neocalanus plumchrus/flemingeri</i>	0,34	3,69	2,0	0,005	–	0,002
Копеподиты Neocalanus	0,11	0,59	0,40	–	–	–
<i>Metridia lucens</i>	–	–	–	1,12	–	0,56
<i>Metridia pacifica</i>	0,01	2,29	1,20	0,13	0,55	0,34
<i>Eucalanus bungii</i>	0	0,23	0,12	0,08	–	0,04
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	0,01	0,05	0,03	0,17	2,37	1,27
<i>Centropages abdominalis</i>	0,04	0,23	0,10	0,49	25,71	13,1
<i>Eurytemora herdmanni</i>	–	–	–	–	0,38	0,19
<i>Tortanus discaudatus</i>	–	–	–	–	0,97	0,48
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	0,01	0,01	0,009	0,01	–	0
<i>Scolecithricella minor</i>	0,004	0,002	0,003	0,01	–	0,01
<i>Acartia clausi</i>	–	–	–	0,30	1,15	0,72
<i>Acartia longiremis</i>	0,08	0,09	0,10	–	–	–
<i>Microsetella norvegica</i>	0,10	0,03	0,10	–	0,20	0,10
<i>Oncaea</i> sp.	–	–	–	0,005	–	0
<i>Podon</i> sp.	–	–	–	0,14	1,72	0,93
<i>Evadne</i> sp.	–	–	–	0,01	–	0
<i>Oithona plumifera</i>	–	–	–	–	0,03	0,02
<i>Pareuchaeta</i> sp.	0,01	0,01	0,01	–	–	–
<i>Limnocalanus macrurus</i>	0,01	0,003	0,01	–	–	–
<i>Gaitanus similis</i>	0,02	–	0,01	–	–	–
<i>Gaidius brevispinus</i>	0,06	–	0,03	–	–	–
<i>Drepanopus bungei</i>	0,26	0,02	0,10	–	–	–
<i>Chiridius obtusifrons</i>	0,02	–	0,01	–	–	–
<i>Jaschnovia tolli</i>	0,0008	–	0,0004	–	–	–
<i>Temora longicornis</i>	0,10	–	0	–	–	–
<b>Copepoda всего</b>	<b>19,8</b>	<b>56,0</b>	<b>38,1</b>	<b>14,0</b>	<b>89,0</b>	<b>51,3</b>
<i>Limacina helicina</i>	0,22	0,02	0,10	0,72	13,13	6,93
<i>Clione limacina</i>	0,09	–	0,05	–	4,24	2,12
Bivalvia larvae	–	–	–	0,29	26,98	13,64
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	0,46	1,43	0,90	0,26	4,47	2,36
<i>Fritillaria borealis</i>	–	–	–	0,10	0,24	0,17
<i>Aglantha digitale</i>	1,04	2,52	1,80	23,55	4,33	13,94
Coelenterata	0,11	2,69	1,40	7,06	9,91	8,48
<i>Dimophyes arctica</i>	0,38	0	0,20	–	1,19	0,59
Euphausiacea juv.	0,95	0,99	1,00	0,02	–	0,01
<i>Themisto</i> sp.	–	0,06	0,03	1,56	0,89	1,23
Gammaridae	0,01	–	0	–	0,13	0,07
Decapoda (larvae)	0,14	0,34	0,20	–	–	–
<i>Conchoecia</i> sp.	0,08	–	0,04	0,05	–	0,02
<i>Sagitta elegans</i>	0,02	0,23	0,10	1,00	0,06	0,53
Polychaeta (larvae)	1,01	0,34	0,70	0,05	1,62	0,84
<i>Pelagobia longicirrata</i>	0,51	0	0,30	–	–	–
Cirripedia (nauplius, cyprys)	0,58	0,54	0,60	0,10	0,60	0,32
Mysidacea (larvae)	0,10	0,17	0,10	–	–	–
Larvae pisces	–	0,02	0,01	–	–	–
Echinodermata (larvae)	–	–	–	–	0,10	0,05
Cumacea gen. sp.	–	–	–	–	0,28	0,14

ленны были арктические виды *C. glacialis*, *Calanus finmarchicus*, *Calanus hyperboreus*, присутствовали *Bradyidius similis*, *Metridia longa*. В южном районе *C. finmarchicus* и *C. hyperboreus* встречались штучно только в западной части района (в районе прол. Лонга) (табл. 3). Наибольшее количество мелкого и среднего зоопланктона наблюдалось в восточной части моря — 188,8–383,6 мг/м<sup>3</sup> (см. табл. 1), так как значительную часть акватории занимали воды аляскинской прибрежной водной массы. В северо-восточном районе в мелкой фракции преобладали копеподы рода *Pseudocalanus* и *Oithona similis*, фритиллярии и молодь иглокожих, в средней — мелкие медузы *Aglantha digitale* (табл. 2, 3). В юго-восточном районе значительно возросла биомасса копепод *Pseudocalanus* spp. и копеподитов I–II стадий развития. В средней фракции увеличилось количество прибрежных копепод *Centropages abdominalis* и молоди крылоногих и двустворчатых моллюсков (табл. 2, 3). Более низкая биомасса в северных районах, видимо, связана с сезонной сукцессией, так как в северных районах наблюдалось весеннее состояние планктонного сообщества, в южной части моря — летнее.

Максимальные концентрации крупного планктона были сосредоточены в южных районах Чукотского моря, в области распространения берингоморских вод (834 мг/м<sup>3</sup> — на юго-западе и 679 мг/м<sup>3</sup> — на юго-востоке) (рис. 4). В северных районах биомасса была в 1,5–2,0 раза ниже (табл. 1, 4). Основу крупного планктона формировали группы зоопланктона, составляющие 95 % биомассы, в северной части моря это сагитты, копеподы и гиперииды, кроме того, на западе — эвфаузииды и на востоке — медузы. В южной части моря — это сагитты, копеподы, эвфаузииды и медузы, на востоке — также крылоногие моллюски (табл. 1, 4, рис. 5).

Таблица 4

Биомасса зоопланктона крупной фракции в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г., мг/м<sup>3</sup>

Table 4

Biomass of large-sized fraction of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019, mg/m<sup>3</sup>

Вид	Западная часть моря			Восточная часть моря		
	Северный	Южный	Весь шельф	Северный	Южный	Весь шельф
<i>Calanus glacialis</i>	50,75	78,83	64,08	28,54	13,86	21,20
<i>Calanus hyperboreus</i>	19,81	–	9,90	1,41	–	0,70
<i>Calanus finmarchicus</i>	19,01	–	10,21	–	–	–
<i>Neocalanus plumchrus/flemingeri</i>	5,25	52,76	29,0	0,76	0,32	0,54
<i>Neocalanus cristatus</i>	0	6,21	3,11	–	–	–
<i>Limnocalanus grimaldii</i>	0,20	–	0,10	–	–	–
<i>Eucalanus bungii</i>	0,56	119,25	59,90	2,59	48,04	25,31
<i>Metridia pacifica</i>	0,14	4,75	2,45	–	0,42	0,21
<i>Metridia longa</i>	5,67	4,32	4,99	–	–	–
<i>Metridia lucens</i>	–	–	–	0,53	–	0,26
<i>Pareuchaeta glacialis</i>	1,40	0,32	0,86	0,86	–	0,43
<i>Gaidius brevispinus</i>	0,30	–	0,15	0,02	–	0,01
<i>Chiridius obtusifrons</i>	0,07	–	0,03	–	–	–
<i>Bradyidius pacificus</i>	0,68	–	0,34	–	–	–
<i>Gaetanus simplex</i>	0,07	–	0,04	–	–	–
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	–	–	–	0,06	22,26	11,16
<i>Tortanus discaudatus</i>	–	–	–	0	0,71	0,36
<i>Themisto pacifica</i>	0	0,28	0,14	1,83	1,03	1,43
<i>Themisto libellula</i>	14,15	4,57	9,36	11,04	–	5,52
<i>Themisto abyssorum</i>	1,11	–	0,56	–	–	–
<i>Hyperia medusarum</i>	1,55	0,27	0,91	–	–	–
<i>Scina spinosa</i>	0	0,10	0,05	–	–	–
<i>Hyperia galba</i>	0,95	0,80	0,87	0	3,79	1,89
Gammaridae	1,89	1,19	1,54	0,76	0,09	0,43

Вид	Западная часть моря			Восточная часть моря		
	Северный	Южный	Весь шельф	Северный	Южный	Весь шельф
<i>Euphausiacea (furcilia)</i>	0,18	0,82	0,50	0,33	0,04	0,18
<i>Thysanoessa raschii</i>	14,28	63,67	38,97	0,99	57,22	29,11
<i>Thysanoessa inermis</i>	2,61	46,24	24,42	6,50	1,28	3,89
<i>Thysanoessa longicaudata</i>	0,62	–	0,31	–	–	–
<i>Meganectiphanes norvegica</i>	4,18	–	2,09	–	–	–
<i>Sagitta elegans</i>	284,10	277,20	280,60	279,96	400,06	340,01
<i>Flaccisagitta maxima</i>	7,75	0	3,87	–	–	–
<i>Chionoecetes opilio</i> (megalopa)	0,67	2,99	1,83	0,20	0	0,10
Pagurudae gen. sp.	0,03	1,81	0,92	0,89	0,15	0,52
Pandalidae (larvae)	0,03	4,03	2,03	0,14	0	0,07
Decapoda (larvae)	0,78	3,54	2,16	–	–	–
<i>Clione limacina</i>	2,01	1,63	1,82	1,61	18,20	9,91
<i>Limacina helicina</i>	1,79	0,02	0,90	0,90	47,25	24,08
<i>Aglantha digitale</i>	1,48	27,28	14,38	96,31	42,87	69,59
<i>Sarsia flammea</i>	1,43	13,02	7,23	–	–	–
<i>Sarsia tubutesa</i>	0,82	2,76	1,79	–	–	–
<i>Rathkea jaschnovi</i>	0,22	0,45	0,33	–	–	–
Hydromedusae	6,73	42,42	24,58	1,93	1,23	1,58
<i>Dimophyes arctica</i>	0,03	0,12	0,07	–	–	–
<i>Beroe</i> sp.	0,41	8,79	4,60	0,63	–	0,31
Polychaeta gen. sp.	0,17	0,10	0,14	0,04	0,04	0,04
<i>Tomopteris pacifica</i>	–	0,30	0,15	–	–	–
<i>Pelagobia longicirrata</i> (Polych.)	0,16	–	0,08	–	–	–
<i>Sagitella</i> sp.	–	–	–	0,01	–	0
Mysidacea	7,0	32,40	19,70	3,03	1,70	2,36
Ostracoda	0,24	0,04	0,14	0,13	0,11	0,12
Cumacea	0	0,21	0,11	0,02	0,03	0,02
<i>Oikopleura</i> sp.	3,96	1,63	2,80	4,80	17,61	11,21
Bivalvia (larvae)	0	0,04	0,02	–	–	–
<i>Theragra chalcogramma</i> (larvae)	0	29,27	14,64	–	–	–
Pleuronectidae (larvae)	–	–	–	0,56	0,37	0,46

В Чукотском море повсеместно доминировали сагитты (табл. 1, 4, рис. 5, 6). Сагитты *Parasagitta elegans* были распространены по всей акватории моря, *Flaccisagitta maxima* встречалась только в северо-западном районе. В распределении сагитт прослеживаются две области с повышенной биомассой: одна в северной части моря — более 700 мг/м<sup>3</sup> и другая обширная область — в южной части акватории — 1785 мг/м<sup>3</sup> (рис. 6). Средняя биомасса сагитт в северных районах составила 291,8 и 280,0 мг/м<sup>3</sup>, в юго-восточном районе она была выше, чем в юго-западном — соответственно 400,0 и 277,0 мг/м<sup>3</sup> (табл. 1, 4). Доминировала молодь сагитт размером 15–20 и 20–25 см.

В северных районах моря из копепоид доминировал арктический вид *C. glacialis* (50,8 и 28,5 мг/м<sup>3</sup>) — это автохтонный арктический вид, наиболее массовый на всей акватории арктического бассейна, обладает высокой репродуктивной активностью и обилием молоди в летний период [Кособокова, 2010]. В северо-западном районе биомассу зоопланктона определяли также арктические копепоиды *C. hyperboreus* и бореально-арктический вид *C. finmarchicus*, гиперииды — холодноводная *Themisto libellula* и *Th. abyssorum*, эвфаузииды *Thysanoessa longicaudata* и *Meganectiphanes norvegica* и сагитты

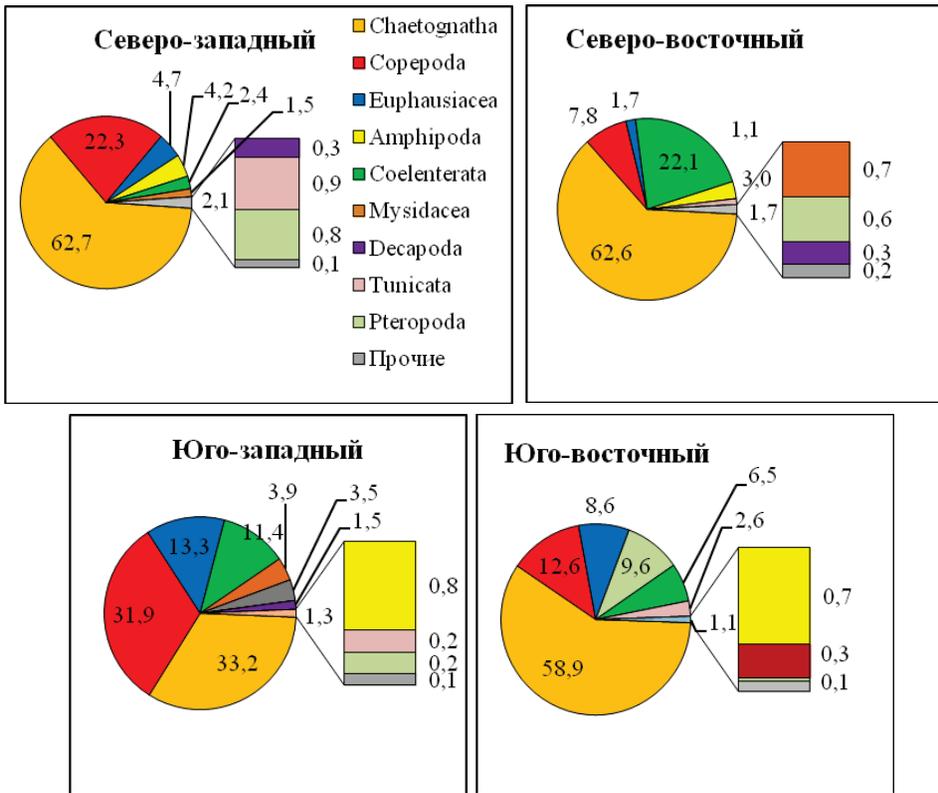


Рис. 5. Групповой состав крупной фракции зоопланктона в различных районах Чукотского моря, %

Fig. 5. Percentage of taxonomic groups in large-sized fraction of zooplankton in August-September 2019, by areas of the Chukchi Sea

*Fl. maxima*, занесенные арктическими водами бассейна из Восточно-Сибирского моря (Евразийский бассейн). Из эвфаузиид преобладал также арктическо-бореальный вид *Th. raschii* (рис. 6, табл. 1, 4).

В северо-восточном районе по биомассе доминировали медузы *A. digitale* — 96,3 мг/м<sup>3</sup>, гиперииды *T. libellula* — 11,0 мг/м<sup>3</sup> и копеподы *C. glacialis* — 28,5 мг/м<sup>3</sup> (табл. 4). Биомасса автохтонного арктического вида *C. hyperboreus*, поступающего на шельф из арктического бассейна и моря Бофорта (Канадский бассейн), низкая, так как он обитатель открытых вод. Надо отметить, что на северо-востоке моря не встречался бореально-арктический вид *C. finmarchicus*, который был в обилии в западной части Чукотского моря, так как в канадском бассейне вид почти полностью отсутствовал [Кособокова, 2010]. В северных районах ближе к центральной части моря единично были отмечены копеподы *Eucalanus bungii*, *Neocalanus plumchrus*/*N. flemingeri*, но их биомасса была невысокой. Количество океанических тихоокеанских экспатриантов, достигающих северных районов канадского бассейна с тихоокеанскими водами, ничтожно мало и не сказывается на величине биомассы [Кособокова, 2010, 2012].

В южной части моря как на западе, так и на востоке на акватории, занятой беринговоморскими водами, общая биомасса зоопланктона была в 2 раза выше — 996,7–1219,4 мг/м<sup>3</sup>. Основу биомассы зоопланктона, кроме сагитт, составляли копеподы, эвфаузииды и медузы, в восточной части также крылоногие моллюски. Максимальные концентрации копепоид были сосредоточены в границах распределения тихоокеанских вод в южной части шельфовой зоны (рис. 6). Обилие крупного зоопланктона обеспе-

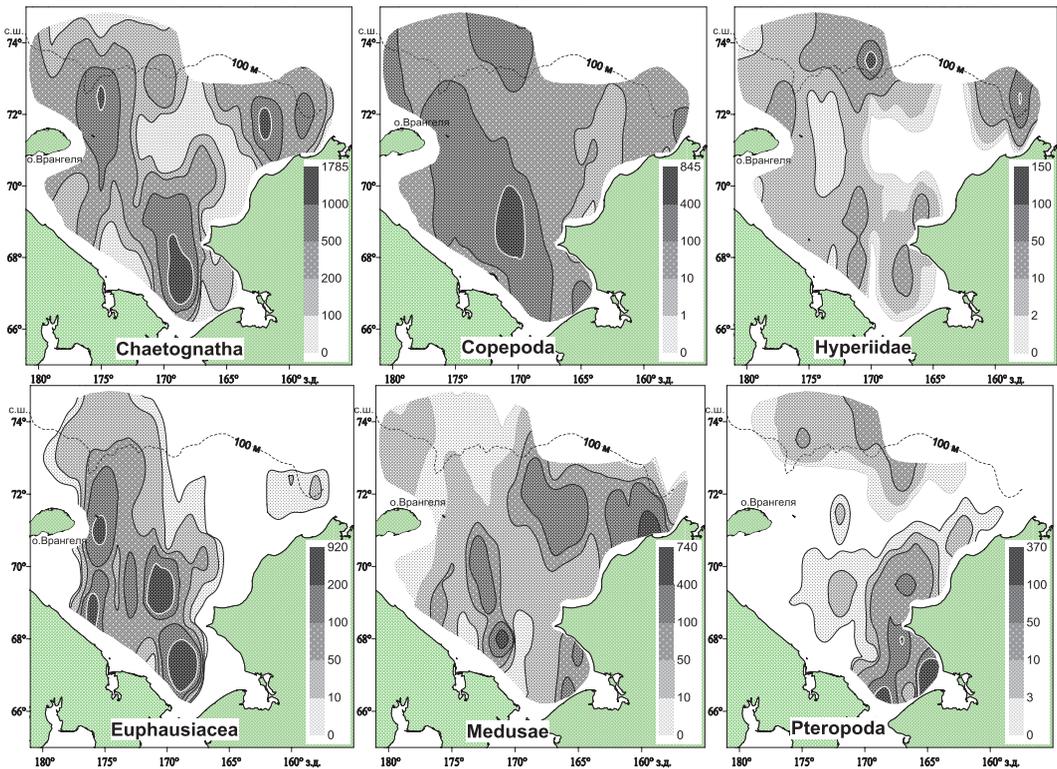


Рис. 6. Распределение доминирующих групп зоопланктона в слое 0–200 м (0–«дно») в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г., мг/м<sup>3</sup>

Fig. 6. Distribution of dominant zooplankton groups in the layer 0–200 m (0–«bottom») in the Chukchi Sea in August-September 2019, mg/m<sup>3</sup>

чивали берингоморские копеподы *E. bungii*, *N. plumchrus+flemingeri*, *Neocalanus cristatus*, *Metridia pacifica*. По биомассе здесь доминировали тихоокеанский интерзональный вид *E. bungii* (на западе 119,3 мг/м<sup>3</sup> и на востоке 48,0 мг/м<sup>3</sup>), *C. glacialis* (78,0 мг/м<sup>3</sup>) и *C. glacialis/marshallae* — 13,9 мг/м<sup>3</sup> (табл. 4). Увеличение биомассы *C. glacialis* в западной части на юге возможно за счет популяции из Берингова моря, в восточной части моря на севере популяция *C. glacialis* представлена из арктических вод, а на юге *C. glacialis/marshallae* — из Берингова моря [Pinchuk, Eisner, 2017]. В юго-восточной части моря высокую биомассу имели виды прибрежных вод, выносящие некоторое распреснение вод, наиболее многочислен *Epilabidocera amphitrites* (22,3 мг/м<sup>3</sup>). Доминировали здесь крылоногие моллюски *Limacina helicina* и *Clione limacina* (65,5 мг/м<sup>3</sup>), максимальные концентрации которых (340,0 мг/м<sup>3</sup>) были отмечены в прибрежной области юго-восточного района (см. рис. 5, 6). В южной части шельфа биомасса эвфаузиид была в 5–7 раз выше, чем в северных районах. Средняя биомасса эвфаузиид в юго-западной части составила 110,7 мг/м<sup>3</sup> за счет *Th. raschii* и *Th. inermis*, а в юго-восточной — значительно увеличилась за счет *Th. raschii* (57,2 мг/м<sup>3</sup>) (рис. 6, табл. 4).

В южном районе в западной части моря встречались десятиногие *Chionoecetes opilio* (megalopa) (2,99 мг/м<sup>3</sup>), а также личинки минтая (от 4 до 35 мм), их биомасса составляла 29,30 мг/м<sup>3</sup>, или 2,9 % от общего количества зоопланктона.

Оценив вклад видов и групп зоопланктона в суммарную биомассу зоопланктона (табл. 5), можно отметить, что ее основу как на севере, так и на юге составляли сагитты *P. elegans*. В северных районах на западе вторыми по значимости были копеподы *C. glacialis*, на востоке — медузы *A. digitale*, мелкие копеподы рода

Биомасса (мг/м<sup>3</sup>) доминирующих видов зоопланктона и их вклад (%) в суммарную биомассу в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.

Biomass of the dominant zooplankton species (mg/m<sup>3</sup>) and their contribution to the total zooplankton biomass (%) in the Chukchi Sea in August-September 2019

Вид	Мг/м <sup>3</sup>	%	Вид	Мг/м <sup>3</sup>	%
<i>Северный район (западная часть моря)</i>			<i>Северный район (восточная часть моря)</i>		
<i>Parasagitta elegans</i>	284,1	53,0	<i>Parasagitta elegans</i>	283,8	41,5
<i>Calanus glacialis</i>	53,2	9,9	<i>Aglantha digitale</i>	133,6	19,5
<i>Pseudocalanus minutus</i>	32,5	6,1	<i>Pseudocalanus</i> spp.	90,0	13,2
<i>Calanus finmarchicus</i>	22,1	4,1	<i>Oithona similis</i>	35,7	5,2
<i>Calanus hyperboreus</i>	20,4	3,8	<i>Calanus glacialis</i>	30,0	4,4
<i>Themisto libellula</i>	19,9	3,7	<i>Fritillaria borealis</i>	15,9	2,3
<i>Thysanoessa raschii</i>	14,2	2,7	Medusae	13,5	2,0
<i>Oithona similis</i>	7,8	1,4	Echinodermata (larvae)	12,7	1,9
Mysidacea gen. sp.	7,1	1,3	<i>Themisto libellula</i>	11,0	1,6
<i>Metridia longa</i>	6,8	1,3	<i>Thysanoessa inermis</i>	6,5	1,0
Сумма 10 видов	467,9	87,3	Сумма 10 видов	632,8	92,6
Весь зоопланктон	535,6	100	Весь зоопланктон	684,5	100
<i>Южный район (западная часть моря)</i>			<i>Южный район (восточная часть моря)</i>		
<i>Parasagitta elegans</i>	277,4	27,8	<i>Parasagitta elegans</i>	403,1	33,1
<i>Eucalanus bungii</i>	119,5	12,0	<i>Pseudocalanus</i> spp.	246,7	20,2
<i>Pseudocalanus minutus</i>	93,9	9,4	<i>Oithona similis</i>	90,3	7,4
<i>Calanus glacialis</i>	79,0	7,9	<i>Limacina helicina</i>	66,9	5,5
<i>Thysanoessa raschii</i>	63,2	6,3	<i>Thysanoessa raschii</i>	57,2	4,7
<i>Neocalanus plumchrus+flemingeri</i>	61,7	6,2	<i>Eucalanus bungii</i>	48,0	3,9
<i>Thysanoessa inermis</i>	45,9	4,6	<i>Aglantha digitale</i>	47,2	3,9
Mysidacea gen. sp.	32,6	3,3	<i>Centropages abdominalis</i>	31,0	2,5
<i>Gadus chalcogrammus</i> juv.	29,3	2,9	Bivalvia (larvae)	27,0	2,2
<i>Aglantha digitale</i>	29,3	2,9	<i>Epilabidocera amphitrites</i>	25,0	2,1
Сумма 10 видов	831,8	83,3	Сумма 10 видов	1042,4	85,5
Весь зоопланктон	996,7	100	Весь зоопланктон	1219,4	100

*Pseudocalanus* входили в тройку доминирующих видов на западном и на восточном шельфах. В южных районах на западе моря второй по значимости стала копепода *E. bungii*, третьим был также *Ps. minutus*, а *C. glacialis* — на четвертом месте. На востоке доминировали мелкие копеподы рода *Pseudocalanus* и *O. similis* (28,0 %), встречался *E. bungii* (4,0 %), а *C. glacialis/marshallae* не входил в десятку доминирующих видов — 13,9 мг/м<sup>3</sup> (1,1 % от суммарной биомассы зоопланктона) (табл. 5).

Таким образом, на исследованной акватории шельфа Чукотского моря основной вклад в биомассу зоопланктона (суммарно мелкая, средняя и крупная фракции) вносили сагитты (на западе 37,2 и на востоке 36,1 %) и копеподы (36,9 и 35,8 %). Доля эвфаузиид составляла 8,9 % в западной части и 3,5 % — в восточной, здесь третьими по значимости были медузы — 10,9 % (табл. 6). Надо отметить, что в южной части моря как на западе, так и на востоке на акватории, занятой берингоморскими водами, общая биомасса зоопланктона была в 2 раза выше — 996,7 и 1219,4 мг/м<sup>3</sup>. Наибольший вклад в суммарную биомассу вносили копеподы (40,4 и 41,6 %), сагитты были на втором месте. В юго-западной части доминировали берингоморские копеподы *E. bungii*, *N. plumchrus/flemingeri*, а также *C. glacialis* и *Ps. minutus*. В юго-восточном районе значительный вклад в суммарную биомассу копепод также вносили виды мелкой и средней фракций: *Pseudocalanus* spp., *O. similis*, прибрежные *C. abdominalis*, *E. amphitrites* (см. табл. 5).

Таблица 6

Суммарная биомасса зоопланктона (мг/м<sup>3</sup>) и доля (%) основных таксономических групп зоопланктона в шельфовой зоне Чукотского моря в августе-сентябре 2019 г., слой 200–0 м («дно»–0 м)

Table 6

Total biomass of zooplankton (mg/m<sup>3</sup>) and percentage of the main taxonomic groups in the layer 200–0 m (bottom — 0) on the Chukchi Sea shelf in August-September 2019

Группа планктона	Западная часть моря						Восточная часть моря					
	Северный		Южный		Весь шельф		Северный		Южный		Весь шельф	
	Мг/м <sup>3</sup>	%	Мг/м <sup>3</sup>	%	Мг/м <sup>3</sup>	%	Мг/м <sup>3</sup>	%	Мг/м <sup>3</sup>	%	Мг/м <sup>3</sup>	%
Copepoda	162,7	30,4	402,6	40,4	282,7	36,9	175,90	25,7	506,6	41,5	341,2	35,8
Chaetognatha	291,9	54,5	277,5	27,8	284,7	37,2	283,80	41,5	403,1	33,1	343,4	36,1
Hyperiididae	17,8	3,3	6,6	0,7	12,2	1,6	12,90	1,9	4,8	0,4	8,8	0,9
Medusae	13,0	2,4	94,4	9,5	53,7	7,0	147,20	21,5	60,7	5,0	104,0	10,9
Euphausiacea	23,7	4,4	112,0	11,2	67,9	8,9	7,90	1,2	58,6	4,8	33,2	3,5
Mysidacea	7,1	1,3	32,6	3,3	19,8	2,6	3,03	0,4	1,7	0,1	2,4	0,2
Pteropoda	4,7	0,9	1,9	0,2	3,3	0,4	3,80	0,6	89,3	7,3	46,6	4,9
Appendicularia	4,0	0,7	1,6	0,2	2,8	0,4	2,50	0,4	65,5	5,4	34,0	3,6
Decapoda	1,5	0,3	12,4	1,2	6,9	0,9	4,80	0,7	17,6	1,5	11,2	1,2
Прочие	9,3	1,8	55,2	5,5	32,3	4,1	42,50	6,1	11,6	0,9	27,1	2,9
Всего	535,6	100	996,7	100	766,2	100	684,50	100	1219,4	100	951,9	100

Распространение представителей арктического комплекса — *C. hyperboreus* — и тихоокеанского — *E. bungii* — в Чукотском море, на наш взгляд, могут определять границы распространения трансформированных тихоокеанских и арктических вод. Следует отметить, что арктические воды также поступают с противотечением через прол. Лонга из Восточно-Сибирского моря. На это указывает присутствие в средней фракции зоопланктона в западной части южного района представителей арктического комплекса *C. finmarchicus* и штучно молоди *C. hyperboreus* (рис. 7).

На основании полученных данных в 2019 г. были определены валовый запас (тыс. т) и плотность зоопланктона (т/км<sup>2</sup>). Запас зоопланктона в северо-западной части моря определяла крупная фракция (85 %), а в северо-восточной — крупная (59 %) и мелкая фракции (30 %). Запасы кормового зоопланктона в 2019 г. в западной части моря формировали сагитты, копеподы, эвфаузииды и кишечноротовые, в восточной — также птероподы (табл. 7).

На шельф Чукотского моря в южной его части в теплое полугодие сильное влияние оказывают тихоокеанские воды, постоянно проникающие на шельф с течениями [Khen et al., 2016]. В межгодовом аспекте с 2003 по 2010 г. возросла биомасса и плотность зоопланктона увеличился с 37,4 т/км<sup>2</sup> в 2003 г. до 118,1 т/км<sup>2</sup> в 2010 г. [Фигуркин, Слабинский, 2012; Слабинский, Фигуркин, 2014] (табл. 8). Для сравнения мы использовали показатель плотности на единицу площади (т/км<sup>2</sup>), ввиду того что валовый запас зоопланктона в 2019 г. и в 2003, 2007–2008 и 2010 гг. был определен на разных площадях исследования. Как видно, плотность зоопланктона и его крупной фракции в 2019 г. (48 и 40 т/км<sup>2</sup>) находился на уровне плотности в годы значительного поступления в этот район берингоморских вод, как в 2008 г. (40 и 36 т/км<sup>2</sup>). В северо-западном районе в 2019 г. плотность зоопланктона была выше только за счет сагитт (табл. 7, 8).

В юго-западной части моря в 2003 г. плотность зоопланктона формировали копеподы (копеподы р. *Pseudocalanus*, *C. glacialis* и *E. bungii* — 10,1 т/км<sup>2</sup>), биомасса сагитт была невысокой. В районе исследований отмечался большой объем вод Сибирского прибрежного течения, тем не менее большая акватория под распресненными водами была занята и тихоокеанскими водами. В 2007–2008 и 2010 гг. отмечалось наибольшее распространение берингоморских вод, основу запаса зоопланктона формировали

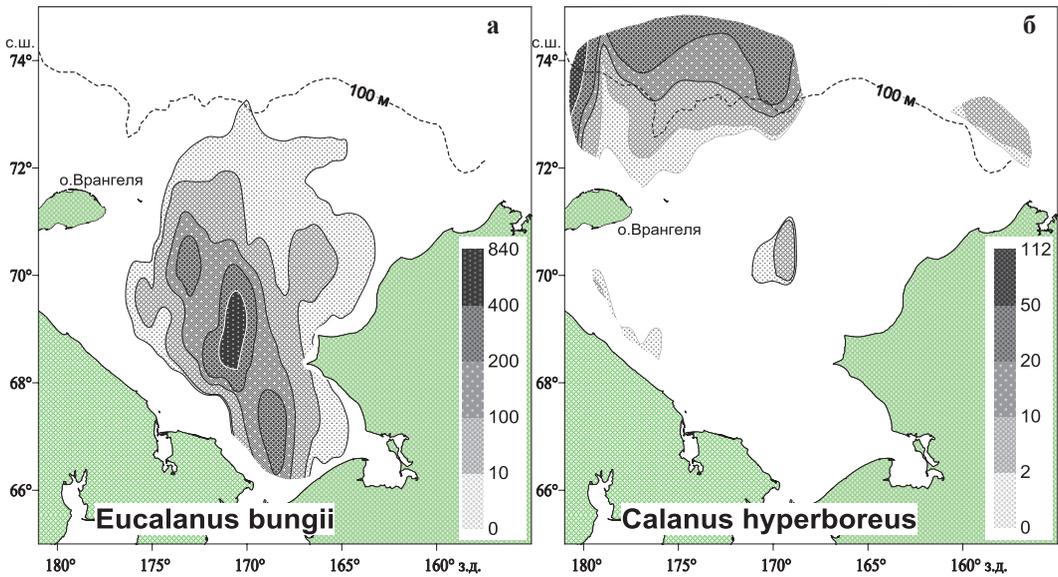


Рис. 7. Горизонтальное распределение тихоокеанского вида копепод *E. bungii* (а) и арктического *C. hyperboreus* (б) в августе-сентябре 2019 г.

Fig. 7. Spatial distribution of copepods of Pacific origin (*E. bungii* — а) and Arctic origin (*C. hyperboreus* — б) in August-September 2019

Таблица 7

Валовый запас (тыс. т) и плотность (т/км<sup>2</sup>) зоопланктона в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.

Table 7

Gross stock (10<sup>3</sup> t) and distribution density (t/km<sup>2</sup>) of zooplankton in the Chukchi Sea in August-September 2019

Группа планктона	Западная часть моря						Восточная часть моря					
	Северный		Южный		Весь шельф		Северный		Южный		Весь шельф	
	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>	Тыс. т	Т/км <sup>2</sup>
Фитопланктон	2938	20,9	154	1,0	2471	8,2	685	7,2	148	3,5	724	5,3
Зоопланктон	9115	64,8	7718	47,8	19665	65,1	4192	44,1	1804	43,2	6502	47,5
МФ	766	5,4	747	4,6	1816	6,0	1156	12,2	567	13,6	1955	14,3
СФ	433	3,1	510	3,2	1171	3,9	296	3,1	232	5,6	702	5,1
КФ, в том числе	7916	56,3	6461	40,1	16678	55,2	2740	28,8	1004	24,0	3846	28,1
Copepoda	1768	12,6	2063	12,8	4753	15,7	213	2,2	127	3,0	411	3,0
Euphausiacea	372	2,6	857	5,3	1701	5,6	48	0,5	87	2,1	227	1,7
Hyperiidae	302	2,1	47	0,3	305	1,0	79	0,8	7	0,2	60	0,4
Chaetognatha	4966	35,3	2146	13,3	7302	24,2	1715	18,0	592	14,2	2322	17,0
Coelenterata	182	1,3	666	4,1	1242	4,1	606	6,4	65	1,6	488	3,6
Mysidacea	118	0,8	251	1,6	505	1,7	19	0,2	3	0,1	16	0,1
Pteropoda	65	0,5	13	0,1	70	0,2	15	0,2	97	2,3	232	1,7
Appendicularia	67	0,5	13	0,1	72	0,2	29	0,3	26	0,6	76	0,6
Decapoda	26	0,2	96	0,6	177	0,6	7	0,1	0	0	5	0
Прочие	49	0,4	310	1,9	552	1,8	9	0,1	1	0	7	0,1
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	161,32		140,64		301,96		95,0		41,80		136,80	

в 2007 г. сагитты, копеподы (*E. bungii*, *N. cristatus*, *C. glacialis*) и эвфаузииды (*Th. raschii*), в 2008 г. — сагитты и эвфаузииды (*Th. raschii*), а также аппедикуляррии, за счет *Oikopleura vanhoeffeni*. В 2010 г. происходил значительный рост биомассы копепод, эвфаузиид, сагитт, ее величина стала в 3–5 раз выше, чем в предыдущие

Таблица 8

Биомасса (мг/м<sup>3</sup>) и плотность (т/км<sup>2</sup>) фито- и зоопланктона, фракций зоопланктона и групп крупной фракции в южной части Чукотского моря

Table 8

Biomass (mg/m<sup>3</sup>) and distribution density (t/km<sup>2</sup>) of phyto- and zooplankton, size fractions of zooplankton and taxonomic groups of the large-sized fraction in the southwestern Chukchi Sea

Группа планктона	2003 г.		2008 г.		2010 г.		2007 г.			
	Юго-западная часть моря								Юго-восточная	
	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>
Фитопланктон	674,1	31,7	80,2	4,0	474,4	23,9	1683,0	79,0	0	0
Зоопланктон	796,6	37,4	876,8	40,0	2348,0	118,1	660,8	31,1	1228,0	49,3
МФ	165,7	7,8	26,8	1,2	121,6	6,1	41,5	2,0	169,5	6,8
СФ	228,5	10,7	58,6	2,7	139,0	7,0	51,8	2,4	451,0	18,1
КФ, в том числе	402,4	18,9	791,4	36,0	2088,0	105,0	567,5	26,7	607,7	24,4
Chaetognatha	51,1	2,4	323,2	14,9	1137,0	57,2	281,7	13,2	77,0	3,1
Copepoda	214,5	10,1	118,3	5,4	427,2	21,5	139,1	6,5	241,5	9,7
Euphausiacea	75,9	3,6	268,6	12,4	454,4	22,9	43,9	2,1	267,2	10,7
Amphipoda	0	0	27,8	1,3	54,8	2,8	8,1	0,4	2,2	0,1
Pteropoda	1,3	0,1	–	–	–	–	3,1	0,1	0,8	0
Coelenterata	3,4	0,2	–	–	–	–	1,5	0,1	8,6	0,3
Appendicularia	–	–	49,4	2,3	–	–	69,7	3,3	2,7	0,1
Decapoda	1,3	0,1	1,9	0,1	3,0	0,1	2,4	0,1	6,1	0,2
Прочие	54,9	2,5	2,2	0,1	11,4	0,6	18,0	0,9	1,4	0,1
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	46,74		93,80		104,50		140,41		40,11	
Сроки выполнения	24–28.08		02–08.09		07–17.09		11–22.08		05–12.09	

годы, наблюдалось широкое распространение не только берингоморских вод, но и на востоке района — аляскинской прибрежной водной массы. Основной вклад в биомассу вносили сагитты, копеподы (*C. glacialis*, р. *Pseudocalanus* и *E. bungii*) и эвфаузииды (*Th. raschii*). Высокая биомасса, возможно, связана с более длительным существованием зоопланктона в благоприятных условиях, съемка проводилась в более поздний срок по сравнению с предыдущими годами, в сентябре [Фигуркин, Слабинский, 2012].

В юго-западной части моря в августе 2007 г. общая плотность зоопланктона составляла 31,1 т/км<sup>2</sup> за счет крупной фракции — 26,7 т/км<sup>2</sup>, ее определяли сагитты и копеподы (*E. bungii*, *N. cristatus*, *C. glacialis*) и эвфаузииды (*Th. raschii*). В сентябре 2007 г. в юго-восточной части наблюдались высокие показатели общей плотности зоопланктона — 49 т/км<sup>2</sup>, за счет крупной (24 т/км<sup>2</sup>) и средней (18,1 т/км<sup>2</sup>) фракций. Основной вклад в общую биомассу зоопланктона вносили копеподы средней фракции *C. abdominalis* — вид аляскинской прибрежной водной массы — и виды берингоморского комплекса: копеподы (*E. bungii*, *C. glacialis/marshallae*) и эвфаузииды (*Th. raschii*). Этот период наблюдений можно характеризовать как переходный от биологического лета к осени, для этого времени характерны убыль фитопланктона, увеличение биомассы прибрежных копепод *C. abdominalis*, максимумы биомассы копепод р. *Pseudocalanus*, *O. similis*, личинок двустворчатых моллюсков, что и отмечено в 2007 г. [Волков, Murphy, 2007]. В 2007 г. наблюдалась интенсификация залива тихоокеанских вод, было зафиксировано наибольшее количество берингоморских вод как по площади распространения, так и по объему, и температурный фон был рекордно высоким [Фигуркин, Слабинский, 2012]. Как отмечали американские исследователи [Волков, Murphy, 2007; Eisner et al., 2013; Gann et al., 2013], в период 2002–2011 гг. скорость течения сильно возрастала при движении через Берингов пролив, и в южной его части было большое количество крупного зоопланктона.

Как видно, плотность зоопланктона и его крупной фракции в 2019 г. (48–40 т/км<sup>2</sup>) находилась на уровне плотности в годы значительного поступления в этот район берингоморских вод в 2008 г. (40–36 т/км<sup>2</sup>). В северо-западном районе в 2019 г. плотность зоопланктона выше только за счет сагитт (табл. 7).

В юго-восточной части моря в 2019 г. общая плотность зоопланктона всех фракций была на уровне 2007 г. (49 т/км<sup>2</sup>, крупной — 24 т/км<sup>2</sup>), но выше, чем в 2017 г. В 2019 г. температурный фон был выше, чем в 2017 г., преобладающей стала берингоморская водная масса, биомасса зоопланктона в 2019 г. была почти в 3 раза выше, чем в 2017 г. (1219,0 и 408,3 мг/м<sup>3</sup>) [Кузнецова, 2018]. Доминировал зоопланктон крупной фракции — 678,7 мг/м<sup>3</sup> и мелкой — 383,6 мг/м<sup>3</sup>, где в значительном количестве были науплии, ранние стадии копепод и личинки донных организмов, что указывало на летнее состояние планктонного сообщества. В 2017 г. наблюдалось снижение влияния тихоокеанских вод на шельф Чукотского моря и в зоне взаимодействия этих вод с Аляскинским прибрежным течением прослеживались высокие биомассы фитопланктона (664,0 мг/м<sup>3</sup>), зоопланктона мелкой фракции (243,5 мг/м<sup>3</sup>), биомасса крупной фракция составляла всего 142,9 мг/м<sup>3</sup>. Состояние планктонного сообщества характеризовалось как весенне-летнее, биомасса не достигла максимальных значений [Кузнецова, 2018]. Общая плотность зоопланктона всех фракций в 2019 г. была выше, чем в 2017 г., на уровне 2007 г. (табл. 7, 9).

Таблица 9

Биомасса (мг/м<sup>3</sup>) и плотность (т/км<sup>2</sup>) фито- и зоопланктона, фракций зоопланктона и групп крупной фракции в восточной части Чукотского моря

Table 9

Biomass (mg/m<sup>3</sup>) and distribution density (t/km<sup>2</sup>) of phyto- and zooplankton, size fractions of zooplankton and taxonomic groups of the large-sized fraction in the eastern Chukchi Sea

Группа планктона	2017 г.				2007 г.	
	Северо-восточный		Юго-восточный		Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>
	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>	Мг/м <sup>3</sup>	Т/км <sup>2</sup>		
Фитопланктон	40,6	3,9	664,0	27,8	0	0
Зоопланктон	241,6	22,9	408,3	17,1	1228,0	49,3
МФ	83,0	7,9	243,5	10,2	169,5	6,8
СФ	5,1	0,5	21,8	0,9	451,0	18,1
КФ, в том числе	153,5	14,6	143,0	6,0	607,7	24,4
Chaetognatha	52,8	5,0	77,8	3,3	77,0	3,1
Soropoda	34,9	3,3	13,8	0,6	241,5	9,7
Euphausiacea	3,1	0,3	27,6	1,2	267,2	10,7
Hyeriidae	3,3	0,3	1,0	0	2,2	0,1
Pteropoda	35,8	3,4	19,7	0,8	0,8	0
Coelenterata	22,3	2,1	2,5	0,1	8,6	0,3
Appendicularia	0	0	0,2	0	2,7	0,1
Decapoda	1,1	0,1	0,2	0	6,1	0,2
Прочие	0	0	0	0	1,4	0,1
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	95,0		41,80		40,11	
Сроки выполнения	29.08–13.09		19–26.09		05–12.09	

Таким образом, состав и структура планктонного сообщества зависят от распространения на шельфе Чукотского моря тех или иных водных масс: с одной стороны, арктических вод из Восточно-Сибирского моря, поступающих в северо-западную часть моря, арктических вод и моря Бофорта — в северо-восточную, с другой — берингоморских вод (берингоморская шельфовая, анадырская и аляскинская прибрежные водные массы), поступающих через Берингов пролив в южную часть моря, и в юго-западной части моря поступление сибирских вод через прол. Лонга. Увеличение притока и скорости поступления теплой берингоморской воды влияет на состав и

количество чукотского зоопланктона. Более ранние сроки наступления потепления в Беринговом море, высокий температурный фон влияют не только на состав и биомассу зоопланктона, но и на состояние планктонного сообщества Чукотского моря, создавая более длительный период благоприятных условий.

### **Заключение**

В северных районах Чукотского моря максимальная биомасса фитопланктона достигала 1785 мг/м<sup>3</sup> в северо-западной части и 977 мг/м<sup>3</sup> — в северо-восточной. В северном районе наблюдался весенний и поздне-весенний период развития планктона. В южной части моря состояние планктонного сообщества можно охарактеризовать как летнее, отмечены низкие концентрации фитопланктона и присутствие в планктоне в значительном количестве науплий и ранних стадий копепод и личинок донных организмов.

Состав и структура планктонного сообщества зависят от распространения на шельфе Чукотского моря тех или иных водных масс. В северной части моря общая биомасса зоопланктона была 535,0 мг/м<sup>3</sup> в западной части моря и 684,5 мг/м<sup>3</sup> — в восточной. Повсеместно основу биомассы крупной фракции составляли сагитты *P. elegans*. В северо-западной части Чукотского моря доминировали копеподы арктического и арктическо-бореального комплекса: *C. glacialis* и занесенные из Восточно-Сибирского моря. В северо-восточной части моря биомассу крупной фракции определяли медузы *A. digitale*, также копеподы *C. glacialis* и виды арктических вод и моря Бофорта, а также виды мелкой и средней фракций, что говорит о влиянии Аляскинского прибрежного течения. В южной части Чукотского моря, на акватории, занятой берингоморскими водами, общая биомасса зоопланктона была в 2 раза выше и составляла 996,7 мг/м<sup>3</sup> в западной части моря и 1219,0 мг/м<sup>3</sup> — в восточной. Здесь доминировали виды берингоморского комплекса, проникающие из Берингова моря: *E. bungii*, *N. plumchrus/flemingeri*, в меньшей степени *N. cristatus*. В восточной части в прибрежье преобладали также неритические виды, характерные для аляскинской прибрежной водной массы. Мелкие поверхностные виды рода *Pseudocalanus* входили в тройку доминирующих видов во всех районах моря.

В 2019 г. общая плотность зоопланктона в северо-западной части моря составила 65 т/км<sup>2</sup>, доминировала крупная фракция — 56 т/км<sup>2</sup>, за счет сагитт (35 т/км<sup>2</sup>) и копепод (13 т/км<sup>2</sup>). В юго-западной части моря плотность зоопланктона и его крупной фракции в 2019 г. (48 и 40 т/км<sup>2</sup>) находилась на уровне биомассы зоопланктона в годы значительного поступления в этот район берингоморских вод (2008 г. — 40 и 36 т/км<sup>2</sup>).

В восточной акватории моря общая плотность зоопланктона на севере составила 44 т/км<sup>2</sup> (КФ — 29 т/км<sup>2</sup>, МФ — 12 т/км<sup>2</sup>), на юге — 43 т/км<sup>2</sup> (КФ — 24, МФ — 14), что выше, чем в 2017 г., — 15 т/км<sup>2</sup> (КФ — 5 и МФ — 9), но меньше, чем в 2007 г., — 49 т/км<sup>2</sup> (КФ — 24, СФ — 18). Состояние планктонного сообщества в 2019 г. — летнее, в 2017 г. — весенне-летнее, а в 2007 г. — позднелетнее.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Авторы глубоко признательны сотрудникам ВНИРО И.В. Григорову и ПИНРО А.Н. Бензику, американским исследователям E.V. Farley и K. Ciecziel, а также членам экипажа и научной группы НИС «Профессор Леванидов» и «Ocean Starr», помогавшим и принимавшим участие в сборе проб зоопланктона.

Authors are deeply thankful to their co-workers I.V. Grigorov (VNIRO), A.N. Benzik (PINRO), and American scientists E.V. Farley and K. Ciecziel, as well to the crews and researchers of RV Professor Levanidov and RV Ocean Strarr for their assistance in sampling of zooplankton.

## Финансирование (FUNDING)

В российских водах Чукотского моря в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов на 2019 г., утвержденным приказом Федерального агентства по рыболовству от 30 ноября 2018 г. № 701 (пп. 22–25, 38, 91, 92).

Комплексное исследование арктических экосистем (Arctic IES) финансируется в рамках Программы исследований арктических комплексных экосистем Северного Тихоокеанского совета по исследованиям (NPRB) (IERP; <http://www.nprb.org/arctic-program/>).

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The survey in the western Chukchi Sea within the Russian EEZ was funded by Federal Fishery Agency of Russia, according to the Plan of resource research and state monitoring of water bioresources for 2019 (order № 701 dated November 30, 2018).

Ecosystem studies in the eastern Chukchi Sea are funded by North Pacific Research Board (NPRB) within the Program of integrated study of the Arctic ecosystems (IERP; <http://www.nprb.org/arctic-program/>).

The study had no any sponsor funding.

## Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Авторы заявляют, что у них нет конфликтов интересов. Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены.

Authors claim that they have no conflicts of interests. All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals have been followed.

## Список литературы

**Богоров В.Г.** Особенности сезонных явлений в планктоне полярных морей и их значение для ледовых прогнозов // Зоол. журн. — 1939. — Т. 18, вып. 5. — С. 735–747.

**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. 139. — С. 355–367.

**Бродский К.А.** Веслоногие рачки Calanoida дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна : моногр. — М. ; Л. : АН СССР, 1950. — 442 с. (Определители по фауне СССР, изд. ЗИН АН СССР, т. 35.)

**Бродский К.А., Вышкварцева Н.В., Кос М.С., Мархасева Е.Л.** Веслоногие ракообразные (Copepoda: Calanoida) морей СССР и сопредельных вод : моногр. — Л. : Наука, 1983. — Т. 1. — 358 с. (Определители по фауне СССР, изд. ЗИН АН СССР, вып. 135.)

**Виркетис М.А.** Зоопланктон Чукотского моря и Берингова пролива // Крайний Северо-Восток Союза СССР. Т. 2 : Флора и фауна Чукотского моря. — М. : АН СССР, 1952. — С. 323–335.

**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., 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.

**Добровольский А.Д., Залогин Б.С.** Моря СССР : учеб. — М. : МГУ, 1982. — 192 с.

**Думанская И.О.** Ледовые условия морей азиатской части России : моногр. — М. ; Обнинск : ИГ-СОЦИН, 2017. — 640 с.

**Зенкевич Л.А.** Биология морей СССР : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 739 с.

**Кособокова К.Н.** Зоопланктон Арктического бассейна: структура сообществ и региональные особенности количественного распределения : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М. : ИО РАН, 2010. — 48 с.

**Кособокова К.Н.** Зоопланктон Арктического бассейна. Структура сообществ, экология, закономерности распределения : моногр. — М. : ГЕОС, 2012. — 272 с.

- Коучмен Л.К., Огорд К., Трипп Р.Б.** Берингов пролив : моногр. : пер. с англ. — Л. : Гидрометеиздат, 1979. — 198 с.
- Кузнецова Н.А.** Особенности состояния планктонного сообщества в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г. // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 194. — С. 153–166. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-153-166.
- Кузнецова Н.А., Слабинский А.М.** Гидробиологические исследования в западной части Берингова и Чукотского морей и тихоокеанских водах Командорских островов в 2007 г. по программе «BASIS» // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — С. 282–293.
- Плотников В.В., Вакульская Н.М., Мезенцева Л.И. и др.** Изменчивость ледовых условий в Чукотском море и их связь с арктической осцилляцией // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 1. — С. 155–167. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-155-167.
- Слабинский А.М., Фигуркин А.Л.** Структура планктонного сообщества южной части Чукотского моря в летний период // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 178. — С. 135–147. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-178-135-147.
- Фигуркин А.Л., Слабинский А.М.** Океанологические условия и планктон южной части Чукотского моря летом 1997–2010 гг. // Вопр. промысл. океанол. — 2012. — Т. 1, вып. 9. — С. 134–152.
- Яшнов В.А.** Планктическая продуктивность северных морей СССР. — М. : МОИП, 1940. — 86 с.
- Danielson S.L., Weingartner T.J., Hedstrom K.S. et al.** Coupled wind-forced controls of the Bering–Chukchi shelf circulation and the Bering Strait throughflow: Ekman transport, continental shelf waves, and variations of the Pacific–Arctic sea surface height gradient // Prog. Oceanogr. — 2014. — Vol. 125. — P. 40–61.
- 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. — № 36. — P. 87–113. DOI: 10.1007/s00300-012-1241-0.
- Ershova E.A., Hopcroft R.R., Kosobokova K.N. et al.** Long-term changes in summer zooplankton communities of the western Chukchi Sea, 1945–2012 // Oceanography. — 2015. — Vol. 28, № 3. — P. 100–115. DOI: 10.5670/oceanog.2015.60.
- Gann J.C., Eisner L.B., Danielson S.** How do oceanographic characteristics in the northern Bering Sea relate to juvenile salmon biomass? // NPAFC. Tech. Rep. № 9. — 2013. — 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.
- Moss J.H., Murphy J.M., Farley E.V. et al.** Juvenile pink and chum salmon distribution, diet, and growth in the northern Bering and Chukchi Seas // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. — 2009. — № 5. — P. 191–196.
- 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.
- Weingartner T., Aagaard K., Woodgate R. et al.** Circulation on the north central Chukchi Sea shelf // Deep-Sea Res. II. — 2005. — Vol. 52, Iss. 24–26. — P. 3150–3174. DOI: 10.1016/j.dsr2.2005.10.015.
- Woodgate R.A., Weingartner T., and Lindsay R.** Observed increases in Bering Strait oceanic fluxes from the Pacific to the Arctic from 2001 to 2011 and their impacts on the Arctic Ocean water column // Geophys. Res. Lett. — 2012. — Vol. 39, Iss. 24. — P. L24603. DOI: 10.1029/2012GL054092.

## References

- Bogorov, V.G.**, Features of seasonal phenomena in the plankton of the polar seas and their importance for ice forecasts, *Zool. Zh.*, 1939, vol. 18, no. 5, pp. 735–747.
- Borisov, B.M., Volkov, A.F., Gobatenko, 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.
- Brodsky, K.A.**, *Opredeliteli po faune, izdavaemye zoologicheskim institutom akademii nauk SSSR. T. 35. Veslonogiye rachki Calanoida dal'nevostochnykh morey SSSR i Polyarnogo basseyna* (Keys to Fauna Published by the Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, vol. 35: Copepods Calanoida of the Far Eastern seas of the USSR and the Polar Basin), Leningrad: Akad. Nauk SSSR, 1950.

**Brodskiy, K.A., Vyshkvartseva, N.V., Kos M.S., and Markhaseva, E.L.,** *Opredeliteli po faune, izdavaemye zoologicheskim institutom akademii nauk SSSR. T. 135. Veslonogiye rakoobraznyye (Copepoda: Calanoida) morey SSSR i sopredel'nykh vod* (Keys to Fauna Published by the Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, vol. 135: Copepods (Copepoda: Calanoida) of the seas of the USSR and adjacent waters), Leningrad: Nauka, 1983, vol. 1.

**Virketis, M.A.,** Zooplankton of the Chukchi Sea and Bering Strait, in *Krayniy Severo-Vostok Soyuz SSSR. T. 2: Flora i fauna Chukotskogo morya* (Extreme North-East of the USSR. Vol. 2: Flora and fauna of the Chukchi Sea), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1952, pp. 323–335.

**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. and Murphy, J.M.,** Plankton and diet of fish in the Chukchi Sea and the northern Bering Sea, in *Byull. N 2 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinnoi 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.

**Dobrovolsky, A.D. and Zalogin, B.S.,** *Morya SSSR* (Seas of USSR), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1982.

**Dumanskaya, I.O.,** *Ledovyye usloviya morey aziatskoy chasti Rossii* (Ice conditions of the seas of the Asian part of Russia, Moscow; Obninsk: IG-SOCIN, 2017.

**Zenkevich, L.A.,** *Biologiya morey SSSR* (Biology of the seas of the USSR), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1963.

**Kosobokova, K.N.,** Zooplankton of the Arctic Basin: the structure of communities and regional features of the quantitative distribution, *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Moscow: Inst. Okeanol. RAN, 2010.

**Kosobokova, K.N.,** *Zooplankton Arkticheskogo basseyna. Struktura soobshchestv, ekologiya, zakonomernosti raspredeleniya* (Zooplankton of the Arctic Basin. Community structure, ecology, distribution patterns), Moscow: GEOS, 2012.

**Coachman, L.K., Aagaard, K., and Tripp, R.B.,** *Bering strait*, London, 1975.

**Kuznetsova, N.A.,** Features of plankton community in the Chukchi Sea in August–September, 2017, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 194, pp. 153–166. doi 10.26428/1606-9919-2018-194-153-166

**Kuznetsova, N.A. and Slabinsky, A.M.,** Hydrobiological studies in the western Bering and Chukchi seas and the Pacific waters off the Commander Islands in 2007 by the BASIS program, *Byull. no. 2 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinnoi 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. 282–293.

**Plotnikov, V.V., Vakulskaya, N.M., Mezentseva, L.I., Dubina, V.A., and Pustoshnova, V.I.,** Variability of the ice conditions in the Chukchi Sea and their links with Arctic Oscillation, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 1, pp. 155–167. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-155-167

**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. doi 10.26428/1606-9919-2014-178-135-147

**Figurkin, A.L. and Slabinskiy, A.M.,** Oceanological conditions and plankton in the southern part of the Chukchi Sea in the summer of 1997–2010, *Vopr. Promysl. Okeanol.*, 2012, vol. 1, no. 9, pp. 134–152.

**Yashnov, V.A.,** *Plankticheskaya produktivnost' severnykh morey SSSR* (Planktic productivity of the northern seas of the USSR), Moscow: Mosk. O-vo Ispyt. Prir., 1940.

**Danielson, S.L., Weingartner, T.J., Hedstrom, K.S., Aagaard, K., Woodgate, R., Curchitser, E., and Stabeno, P.J.,** Coupled wind-forced controls of the Bering–Chukchi shelf circulation and the Bering Strait throughflow: Ekman transport, continental shelf waves, and variations of the Pacific–Arctic sea surface height gradient, *Prog. Oceanogr.*, 2014, vol. 125, pp. 40–61.

**Eisner, L., 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, no. 36, pp. 87–113. doi 10.1007/s00300-012-1241-0

**Ershova, E.A., Hopcroft, R.R., Kosobokova, K.N., Matsuno, K., Nelson, R.J., Yamaguchi, A., and Eisner, L.B.,** Long-term changes in summer zooplankton communities of the western Chukchi Sea, 1945–2012, *Oceanography*, 2015, vol. 28, no. 3, pp. 100–115. doi 10.5670/oceanog.2015.60

**Gann, J.C., Eisner, L.B., and Danielson, S.,** How do oceanographic characteristics in the northern Bering Sea relate to juvenile salmon biomass?, *NPAFC Tech. 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.

**Moss, J.H., Murphy, J.M., Farley, E.V., Eisner, L.B., and Andrews, A.G.**, Juvenile pink and chum salmon distribution, diet, and growth in the northern Bering and Chukchi Seas, *North Pac. Anadromous Fish Comm. Bull.*, 2009, no. 5, pp. 191–196.

**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

**Weingartner, T., Aagaard, K., Woodgate, R., Danielson, S., Sasaki, Y., and Cavalieri, D.**, Circulation on the north central Chukchi Sea shelf, *Deep Sea Res., Part II*, 2005, vol. 52, no. 24–26, pp. 3150–3174. doi 10.1016/j.dsr2.2005.10.015

**Woodgate, R.A., Weingartner, T., and Lindsay, R.**, Observed increases in Bering Strait oceanic fluxes from the Pacific to the Arctic from 2001 to 2011 and their impacts on the Arctic Ocean water column, *Geophys. Res. Lett.*, 2012, vol. 39, no. 24, p. L24603. doi 10.1029/2012GL054092

**Farley, E., Ciciel, K., McCabe, R., Cooper, D., Dimond, A., Ladd, C., Duffy-Anderson, J., Eisner, L., Kimmel, D., Lomas, M., Levine, R., Baker, M., Mordy, C., Stabeno, P., Copeman, L., De Robertis, A., Kondzela, C., Berchok, C., Kuletz, K., Logerwell, L., Mueter, F., Spear, A., Miller, T., Weems, J., Strausz, D., Donohoe, S., Irby, M., Smith, B., Cynar, H., Mounsey, A., Lefebvre, K., Goldstein, E., Vollenweider, J., Juraneck, L., Shipton, P., Danielson, S., Maisch, J., Reedy, M., Crowley, H., Nielsen, J., Baker, M., Wright, C., Wright, L., Grigorov, I., Kuznetsova, N., and Chapman, Z.**, *Arctic Integrated Ecosystem Survey. Cruise Report to the Arctic Integrated Research Program*, August 1 to October 3, 2019, 118 p.

*Поступила в редакцию 21.09.2021 г.*

*После доработки 2.12.2021 г.*

*Принята к публикации 25.02.2022*

*The article was submitted 21.09.2021; approved after reviewing 2.12.2021; accepted for publication 25.02.2022*