

Научная статья

УДК 597.555.5–153(268.56)

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-179-199

EDN: QXIAMK



ПИТАНИЕ МИНТАЯ И ЕГО КОРМОВАЯ БАЗА В ЧУКОТСКОМ МОРЕ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Н.А. Кузнецова, М.А. Шебанова*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. В летне-осенний период 2017–2020 гг. в Чукотском море в кормовую базу минтая (*Gadus chalcogrammus*, длиной 3–70 см) входили: зоопланктон, бентосные беспозвоночные и рыбы. В северо-западном районе моря молодь минтая (сеголетки и годовики) за сутки потребляли 0,033 т/км² кормовых организмов, в основном амфипод — 13,9, мизид — 20,1 и рыб — 30,9 %, копеподы и эвфаузииды составляли 5,0–7,6 % рациона. В юго-западной части моря молодь минтая за сутки использовала 0,2 т/км² кормовых организмов, преимущественно эвфаузиид и копепод (51,1–24,9 %), а доминировал минтай длиной 40–70 см, который за сутки потреблял 13,2 т/км² кормовых объектов. У крупного минтая 42 % рациона составляли рыбы, из кормовых ресурсов зоопланктона на эвфаузиид приходилось около 20, копепод — 6, декапод — 11 %. Состав и структура планктонного сообщества зависят от распространения на шельфе Чукотского моря тех или иных водных масс. В северо-западной части моря плотность зоопланктона составляла 56,3 т/км², доминировали сагитты (35,3 т/км²) и копеподы (12,6 т/км²). В юго-западной части моря плотность зоопланктона находилась на уровне среднегодовалых значений 2000-х гг. и равнялась 49,2 т/км², за счет эвфаузиид — 17,3, сагитт — 15,8 и копепод — 9,2 т/км². Наблюдалось некоторое снижение биомассы щетинкочелюстных и копепод, в основном холодноводного вида *Calanus glacialis*, биомасса эвфаузиид, особенно *Thysanoessa inermis*, возросла почти в два раза по сравнению с 2000-х гг. Плотность основных групп зоопланктона, доминирующих в рационе минтая, — копепод и эвфаузиид — в 12–6 раз превышала объем их потребления, что может свидетельствовать об их достаточном количестве. Кроме того, находясь в придонном слое, минтай питался креветками, гаммаридами, донными полихетами, эхиуридами, моллюсками, а также рыбами. Индексы наполнения желудка были в пределах 218–228 ‰. Таким образом, минтай успешно питался и был обеспечен кормом.

Ключевые слова: Чукотское море, минтай, питание, рацион, потребление, зоопланктон, биомасса, плотность

Для цитирования: Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. Питание минтая и его кормовая база в Чукотском море в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 179–199. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-179-199. EDN: QXIAMK.

* Кузнецова Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, natalya.kuznetsova@tinro-center.ru, ORCID 0009-0005-8932-1744; Шебанова Марина Анатольевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, marina.shebanova@tinro-center.ru, ORCID 0009-0002-9859-0696.

© Кузнецова Н.А., Шебанова М.А., 2023

Feeding of walleye pollock and its feeding base in the Chukchi Sea in summer-autumn period

Natalia A. Kuznetsova*, Marina A. Shebanova**

*, ** Pacific branch of VNIRO (TINRO),

4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., leading researcher, natalya.kuznetsova@tinro-center.ru, ORCID 0009-0005-8932-1744

** Ph.D., leading researcher, marina.shebanova@tinro-center.ru, ORCID 0009-0002-9859-0696

Abstract. Data on feeding of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* (3–70 cm long) in the Chukchi Sea in summer-autumn of 2017–2020 are presented. The food base includes zooplankton, benthic invertebrates and fish. The juveniles in the northwestern part of the sea consumed 0.033 t/km² of prey per day, mainly fish (30.9 %), mysids (20.1 %) and amphipods (13.9 %), whereas the portion of copepods and euphausiids was 5.0–7.6 % of the diet. In the southwestern part of the sea, the juveniles consumption was much higher, as 0.200 t/km² of prey per day, and included mainly euphausiids and copepods (24.9–51.1 %). The adults with length 40–70 cm long dominated in the southwestern Chukchi Sea and consumed on average 13.2 t/km² of prey per day, shared between fish (42 %), euphausiids (20 %), copepods (6 %), and decapods (11 %). Composition and structure of plankton was different between the main water masses on the shelf occupied the northern and the southern parts of the sea. In the northwestern Chukchi Sea, zooplankton distributed with the mean spatial density of 56.3 t/km², formed mostly by chaetognaths (35.3 t/km²) and copepods (12.6 t/km²). In the southwestern Chukchi Sea, the mean spatial density of zooplankton was 49.2 t/km², mostly euphausiids (17.3 t/km²), chaetognaths (15.8 t/km²) and copepods (9.2 t/km²). The total density was close to the level observed in the 2000s, but slight decreasing in biomass of chaetognaths and copepods was observed, mainly due to the recent lack of cold-water species *Calanus glacialis*, whereas the biomass of euphausiids, in particularly *Thysanoessa inermis*, had almost doubled. Biomass of the main groups of zooplankton prevailing in the diet in the Chukchi Sea in summer-autumn, as copepods and euphausiids, exceeded daily consumption of these groups by walleye pollock in 6–11 times that may indicate a sufficient food supply for this species. Besides, walleye pollock dwelled at the sea bottom and fed on shrimps, gammarids, bottom polychaetes, echinurids, mollusks, and also bottom fish. Total fullness of the pollock stomachs was in the range of 218–228 ‰ that also suggested successful feeding.

Keywords: Chukchi Sea, walleye pollock, feeding, diet, consumption, zooplankton, zooplankton biomass, spatial density

For citation: Kuznetsova N.A., Shebanova M.A. Feeding of walleye pollock and its feeding base in the Chukchi Sea in summer-autumn period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 1, pp. 179–199. (In Russ.) DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-179-199. EDN: QXIAMK.

Введение

Согласно исследованиям 2000-х гг. богатство видового состава и обилие обитателей Чукотского моря связаны с поступлением тихоокеанских вод, несущих в Арктику субарктическую фауну [Волков, Murphy, 2007; Кузнецова, Слабинский, 2007; Moss et al., 2009; Кособокова, 2010, 2012; Фигуркин, Слабинский, 2012; Ефимкин, 2013; Eisner et al., 2013; Gann et al., 2013; Слабинский, Фигуркин, 2014; Ershova et al., 2015; Pinchuk, Eisner, 2017]. Основу ихтиомассы в Чукотском море традиционно в эти годы составляла сайка *Boreogadus saida*, а начиная с 2018 г. — минтай *Gadus chalcogrammus*. В 2018 г. плотность всех рыб увеличилась почти в 4 раза по сравнению с 2010 г. и достигла 1,99 т/км². Основной причиной являлась возросшая биомасса минтая. В предыдущих съемках минтай отмечался лишь единичными экземплярами. Запасы сайки в 2018 г. составили 0,57 т/км² и находились на уровне 2010 г. — 0,44 т/км² [Борилко, 2018]. Но уже в 2020 г. уровень запаса сайки на южном полигоне сильно снизился — менее 1 т/км², и доминирующим видом стал минтай — 5,5 т/км² [Шейбак и др., 2020; Савин, 2021].

В теплые годы, когда на севере Берингова моря холодные воды занимают незначительную акваторию или отсутствуют, Берингов пролив открывается для минтая,

который может мигрировать на север, что приводит к его кратковременной миграции в южную часть Чукотского моря в нагульный период [Савин, 2019]. Пространственное распределение и максимальные уловы указывают на предпочтение минтаем южного участка моря как более комфортного для нагула [Борилко, 2018; Орлов и др., 2019; Савин, 2019; Шейбак, 2020]. На акватории, расположенной севернее южного участка, которая по своим термическим характеристикам в летний период суровее, а по батиметрическим — глубоководнее, преобладает сайка. Ихтиомасса северного участка на 97 % определяется ею [Савин, 2019, 2021]. Возросшая численность и биомасса минтая, а также его широкое распространение в Чукотском море оказывают влияние на состояние планктонного сообщества и обеспеченность этого вида пищей.

Цель работы — определение состава рациона минтая и его кормовой базы для оценки обеспеченности пищей в Чукотском море в 2017–2020 гг.

Материалы и методы

При проведении комплексных исследований в экспедициях ТИНРО в Чукотском море в 2003–2010 гг. были собраны материалы по численности и биомассе планктона и питанию nekтона, которые систематизированы и структурированы А.Ф. Волковым [2019] в базы данных по планктону и трофологии. Это дало возможность получить детальные характеристики по трофологии и планктонным сообществам, проводить сравнение и оценку количественных показателей планктона в море и в питании рыб.

В летне-осенний период 2018–2020 гг. в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов и в западной части Чукотского моря были продолжены комплексные исследования, в том числе сбор данных по зоопланктону и питанию рыб моря на НИС «Профессор Леванидов» и «ТИНРО», в 2017 и 2019 гг. в восточной части моря по американской программе «Комплексное исследование экосистем Арктики» (The Arctic Integrated Ecosystem Survey, Arctic IES) — на НИС «Ocean Star». В западном районе моря исследования были проведены в диапазоне глубин 57–265 м, в восточном — 24–64 м (лишь на северо-востоке на 5 станциях глубины были от 93 до 1156 м); на юге — 35–64 м (на юго-востоке 20–59 м). Схема станций и положение районов, по которым осреднялись полученные материалы, показаны на рис. 1. Во всех экспедициях сборы, обработка и интерпретация полученных данных по планктону были проведены по единой методике, принятой в ТИНРО [Борисов и др., 2004; Волков, 2008].

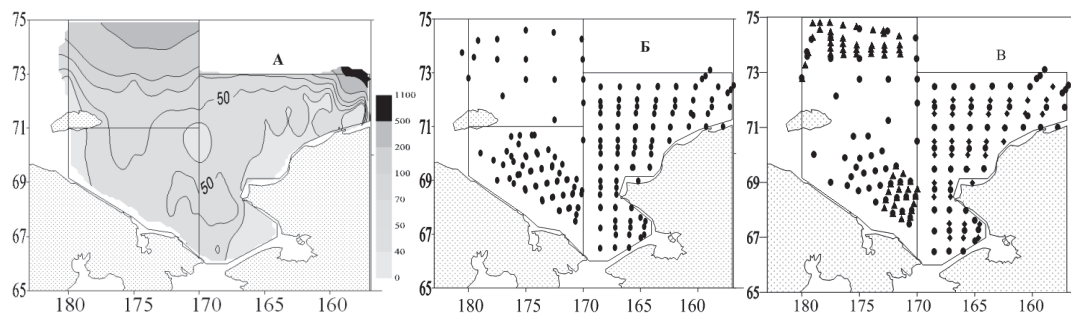


Рис. 1. Карты глубин (А), планктонных (Б) и трофологических (В) станций в Чукотском море в 2017–2020 гг.

Fig. 1. Bathymetric map of the Chukchi Sea (A) and schemes of plankton tows (Б) and trophological samplings (В) in 2017–2020

Материалы по питанию минтая получали из траловых уловов. Всего было взято 159 проб из 1367 желудков. Проба на питание обычно составляла до 30–50 желудков сеголеток (3–7 и 5–10 см) и по 10 каждой размерной группы (10–20, 20–30 см и т.д.). Обработка желудочно-кишечных трактов проводилась без предварительной фиксации,

содержимое желудков взвешивали, определяли массу каждого пищевого компонента, степень его переваренности по 5 стадиям, затем его значимость (% по массе, общие и частные индексы наполнения желудков (ИНЖ)) [Волков, 2008].

Планктон облавливался сетью БСД, площадь входного отверстия 0, 1 м², капроновое сито № 49, размер ячеей 0, 168 мм, в слое 200–0 м или «дно» – 0 м. Пробы зоопланктона (180 проб) при обработке разделяли на размерные фракции посредством процеживания через набор сит. В итоге получались 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 подсчитывалась в камере Богорова, а крупной — тотально. Биомасса рассчитывалась по численности и по сырым стандартным весам планктеров. В полученные результаты вводились поправки на недолов: для мелкой — 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; более 10 мм — 5; 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].

Результаты и их обсуждение

Климато-океанологические условия

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. Океанологические условия (температура, соленость и др.) в Чукотском море во многом зависят от преобладания в районе тех или иных водных масс и вследствие этого влияют на распределение и концентрацию зоопланктона и нектона. На северо-запад моря распространяются атлантические воды, на северо-восток поступает холодная вода из Арктического бассейна и из моря Бофорта. Центральную часть моря занимают относительно теплые и соленые тихоокеанские воды, поступающие через Берингов пролив. Берингоморское течение, двигаясь на север, разделяется на два потока: Лонговская ветвь идет на запад, другая, Геральдовская, ветвь распространяется на северо-запад. В теплую часть года неперриодическую составляющую циркуляции вод южной части Чукотского моря обеспечивают эти два основных течения [Коучмен и др., 1979; Добровольский, Залогин, 1982; Weingartner et al., 2005]. Заток более теплых и соленых тихоокеанских вод через Берингов пролив, составляющий ежегодно в среднем 25–30 тыс. км³, существенно влияет на гидрологический режим Чукотского моря [Коучмен и др., 1979; Добровольский, Залогин, 1982; Weingartner et al., 2005; Woodgate et al., 2012]. Воды, вносимые из Восточно-Сибирского моря через прол. Лонга, следуют вдоль материкового побережья в виде Чукотского прибрежного течения (рис. 2) [Думанская, 2017]. Согласно данным И.О. Думанской [2017] связь Чукотского моря с Арктическим бассейном и Тихим океаном определяет ледовый режим моря. В 2000-е гг. количество теплых зим в морях восточной

Арктики выросло в среднем на 36 % по сравнению с данными за XX век.

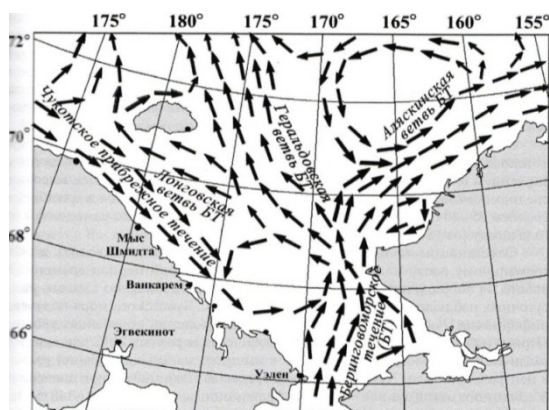


Рис. 2. Схема течений Чукотского моря [Думанская, 2017]

Fig. 2. Scheme of currents in the Chukchi Sea [Dumanskaya, 2017]

В 2019–2020 гг. в северной 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. На глубинах преимущественно от 180 м до дна отмечены воды переходной зоны атлантического происхождения с характерными значениями температуры более 0 °С и солёности более 34,5 ‰ [Орлов и др., 2019]. На весь слой юго-западного участка Чукотского моря оказывали интенсивное влияние теплые и солёные берингоморские воды, что связано с увеличением их затока. Наибольшие скорости, более 5 см/с (максимум 14 см/с), движения воды в пределах исследуемой акватории приурочены к стречню северо-западного переноса берингоморских вод Центрального течения [Орлов и др., 2019; Шейбак и др., 2020]. В поверхностных водах температура и солёность, формируемые проникновением через Берингов пролив берингоморских вод, варьировали от 7,6 до 9,6 °С и 31,0–32,5 ‰. Распространению тихоокеанских вод в западном направлении препятствовали воды Восточно-Сибирского моря (поверхностная прибрежная водная масса (летней вариации), хорошо прогретая более 7 °С, с солоноватыми водами (значения солёности менее 30 ‰) — результат смешения речных и морских вод). Фронтальная зона, разделяющая эти водные массы, была отчетливо выражена. В пространственном распределении температуры и солёности (от 1,0 до 4,5 °С и 32,7–32,8 ‰) в придонном слое относительно окружающих вод выделялись теплые, более 3 °С, берингоморские воды. Восточнее 178° з.д. у дна распределялись распресненные воды Восточно-Сибирского моря с температурой ниже 0,5–1,0 °С и солёностью 31,5–32,6 ‰. В районе американского шельфа, находящегося под влиянием Аляскинской прибрежной ветви берингоморских вод, температура воды на поверхности изменялась от 10,5 °С на южных до 5,0 °С — на северных станциях. В районе глубоководных станций, где на шельф восточной части моря поступала холодная вода из Арктического бассейна и из моря Бофорта, максимальная температура на поверхности была в пределах 2,0–3,5 °С [Farley et al., 2019].

Питание минтая в Чукотском море

В Чукотском море у минтая *G. chalcogrammus* длиной от 3 до 70 см наблюдалось большое разнообразие пищевого рациона, включая планктон, бентосных беспозвоночных и рыб (табл. 1).

В рационе сеголеток минтая 3–7 см, встреченных только в юго-восточной части моря, доминировали копеподы (61,0 %), эвфаузииды (11,0 %), сагитты (10,8 %), аппендикулярии (7,8 %). Интенсивность питания была средней, ИНЖ составил 107 ‰. В течение дня сеголетки активно питались, доля свежей пищи составляла 23–53 %. В рационе был отмечен как крупный, так и средний и мелкий зоопланктон. Доминировали копеподы р. *Pseudocalanus*, *C. glacialis/marshallae*, *E. bungii*, прибрежные *Epilabidocera amphitrites*, *Tortanus discaudatus*, *Centropages abdominalis* (табл. 1, рис. 3).

В среднем по морю сеголетки 5–10 см почти в равной степени потребляли копепод и эвфаузиид — 48–42 %, они интенсивно питались, ИНЖ были высокими (табл. 1). У сеголеток 5–10 см и годовиков минтая длиной 10–20 см в рационе присутствовал только планктон с преобладанием копепод: бореально-арктические виды *Neocalanus plumchrus+flemingeri*, *C. glacialis* и арктические — *Calanus finmarchicus* и *Calanus hyperboreus* и эвфаузиид *Th. inermis* и *Th. raschii*, доля которых в пище увеличивалась по мере роста минтая (табл. 1). У годовиков длиной 10–20 см в питании доминировали эвфаузииды (38 %), отмечены также гиперииды, мизиды, декаподы, аппендикулярии (от 9 до 6 %) и рыбы — около 5 %.

Сеголетки минтая длиной тела 5–10 см и молодь 10–20 см были сосредоточены в основном в северной части моря, а встречавшиеся на юге составляли не более 0,8 % общей биомассы минтая. Как видно на рис. 4, в северной части моря в рационе минтая доля эвфаузиид, а особенно копепод, весьма незначительна, 50 % рациона составляли амфиподы и мизиды, на долю рыб приходилось около 17 %. Кроме того, отмечены сагитты, ойкоплев-

Таблица 1

Состав пищи минтая в Чукотском море в 2017–2020 гг., %

Table 1

Walleye pollock food composition in the Chukchi Sea in 2017–2020, %

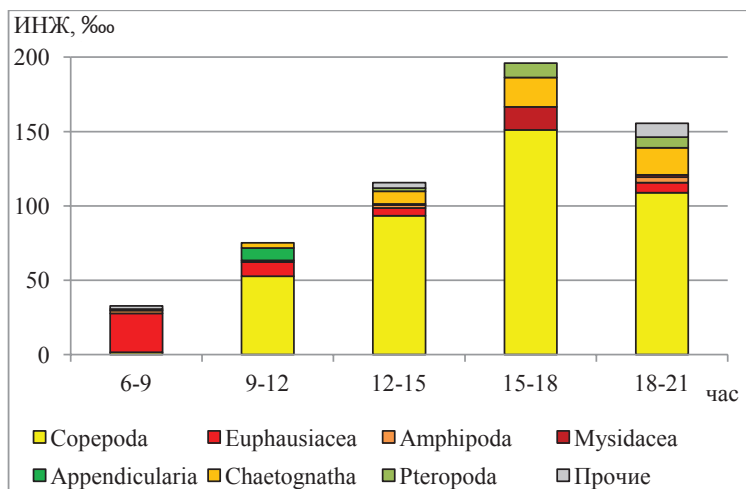
Компонент	Юго-восточная часть моря	Западная часть моря					
	Размерный ряд, см						
	3–7	5–10	10–20	20–31	40–50	50–60	60–70
Copepoda , в том числе:	61,4	48,28	19,38	2,73	15,36	8,55	3,18
<i>Calanus glacialis</i> / <i>C. marshallae</i>	12,5	4,48	1,24	0	4,08	0,04	0,02
<i>Neocalanus plumchrus</i> + <i>flemingeri</i>		34,95	8,46	1,82	10,17	8,07	2,64
<i>Neocalanus cristatus</i>	1,0		1,09		0,67		0,40
<i>Calanus hyperboreus</i>		0,48	0,37		0,03		
<i>Calanus finmarchicus</i>		1,31	0,32		0,03		
<i>Metridia pacifica</i>	0,5	6,33	2,76		0,02		
<i>Metridia longa</i>		0,50	0,14			0,43	0,13
<i>Pseudocalanus</i> spp.	25,7		0,67	0,91			
<i>Centropages abdominalis</i>	2,3		0,36				
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	9,7						
<i>Tortanus discaudatus</i>	3,7						
<i>Eucalanus bungii</i>	5,2						
Прочие Copepoda	0,8	0,24	3,97		0,37	0	0
Euphausiacea , в том числе:	11,0	41,58	37,89	10,24	44,23	16,81	13,20
<i>Thysanoessa raschii</i>	4,2	12,09	13,82		8,60	6,78	4,50
<i>Thysanoessa inermis</i>	2,4	2,40	3,98		4,93	3,53	2,32
<i>Thysanoessa longipes</i>			2,62		5,13	0,95	0,26
<i>Euphausia pacifica</i>			2,13		7,82		
<i>Furcilia Euphausiacea</i>	4,4	27,08	9,00		5,55	1,47	1,98
<i>Euphausiacea</i> spp.			6,34	10,24	12,20	4,33	4,14
Hyperiidæ , в том числе:	1,1	4,10	8,66	0,83	1,34	0,46	0,61
<i>Themisto pacifica</i>	0,8		1,94	0,27	0	0	0,19
<i>Themisto libellula</i>		4,10	1,61		0,08	0,03	
<i>Themisto</i> sp.			2,30	0,26			
<i>Hyperia</i> sp.	0,3		2,09	0,29	1,09	0,35	0,42
<i>Scina spinosa</i>			0,72		0,08	0,09	
Gammaridea	0,1		0,76		0	0,66	0,40
Mysidacea	2,5	1,60	7,36	14,48	0,08	0,71	0,99
<i>Appendicularia</i>	7,8	0,67	5,97		0,32	0,18	0,26
<i>Chaetognatha</i>	10,8	2,89	1,89		0,16	0,01	0,53
Coelenterata		0,93	1,31		0,32		0,16
Decapoda , в том числе:	2,0		6,71	1,57	11,72	13,29	11,05
<i>Chionoecetes opilio</i> (larv.)					1,59	0,62	0,19
<i>Argis lar</i>						0,71	2,06
<i>Crangon communis</i>						1,70	1,00
<i>Eualis</i> sp.				1,57		0,53	0,59
<i>Pandalus goniurus</i>			2,58		3,15	6,18	5,76
<i>Pandalus borealis</i>			0			0,01	0,11
<i>Pandalus</i> sp.			2,45		2,86	2,17	0,66
<i>Decapoda</i> (larv.)	1,0		1,53		3,87	0,61	0,59
<i>Zoea decapoda</i>	1,0		0,00		0,17	0,43	0,09
<i>Decapoda</i> sp.			0,15			0,52	
Gastropoda , в том числе:	2,6				6,56	4,44	4,44
Buccinidae (larv.)					6,56	4,44	4,28
Pteropoda	2,6						0,16

Окончание табл. 1
Table 1 finished

Компонент	Юго-восточная часть моря	Западная часть моря					
	Размерный ряд, см						
	3–7	5–10	10–20	20–31	40–50	50–60	60–70
Bivalvia , в том числе:	0,04				0,42	0,95	4,25
<i>Nuculana pernula</i>							0,17
<i>Yoldia mialis</i>					0,42	0,95	3,53
Echinodermata	0,3		0				0,13
Sipunculoidea							0,82
Echiuioidea					4,12	19,74	4,78
Polychaeta	0,2		0,77		0,17	2,44	0,73
Cumacea	0,2		0,76	0,73			
Izopoda			0,27				0,07
Pisces , в том числе:			4,16	238,0	15,52	31,40	54,54
<i>Boreogadus saida</i>					0,48	2,13	13,61
<i>Gadus chalcogrammus</i>					0	0,34	1,36
<i>Ammodytes hexapterus</i>					0,76	7,91	2,37
<i>Lumpenus fabricii</i>					9,34	7,02	6,10
<i>Lumpenus sagitta</i>					0,17	2,08	1,91
<i>Mallotus villosus</i>					0	0,65	0,09
<i>Gymnocanthus tricuspis</i>					0,32	0,52	0,47
<i>Gymnocanthus juv.</i>					0,84	2,34	6,39
<i>Leptoclinus maculatus</i>						1,19	1,73
<i>Hippoglossoides robustus</i>							2,08
<i>Cottidae</i> sp.						1,34	
<i>Lycodes pobaris</i>							2,24
<i>Pisces</i> (larv.)			0,48	238,00			
Прочие рыбы			4,16		3,62	5,90	16,20
Переваренная пища			3,63			0,09	
Средний ИНЖ, ‰	107,3	180,8	146,2	268,6	227,8	224,9	218,2
Средняя масса пищи желудка, г	0,03	0,71	1,29	2,87	3,65	4,30	20,14
Средняя масса рыб, г	2,4	4,8	26,7	104,2	840,3	1317,0	1983,0
Средняя длина, см	6,2	8,3	15,5	25,2	48,5	55,9	65,9
Кол-во проб	17	5	31	6	18	37	45
Кол-во желудков	504	42	144	14	63	345	255

Рис. 3. Состав рациона и интенсивность питания сеголеток минтая (3–7 см) в светлое время суток в юго-восточной части Чукотского моря

Fig. 3. Diet composition and feeding intensity for pollock juveniles (3–7 cm) in daylight time in the southeastern Chukchi Sea



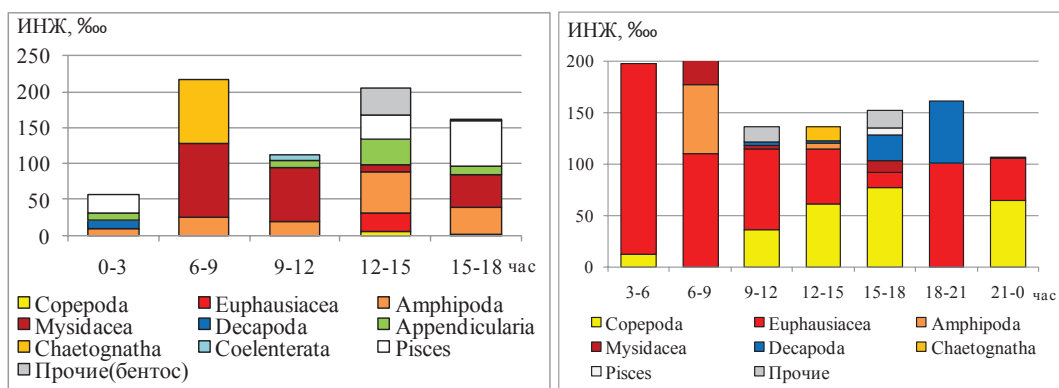


Рис. 4. Суточная ритмика и интенсивность питания минтая длиной 14–26 см в северо-западной части Чукотского моря в 2018 г. (слева), а также сеголеток и молоди длиной тела 5–20 см в юго-западной части моря в 2019–2020 гг. (справа)

Fig. 4. Diurnal rhythm and feeding intensity for walleye pollock 14–26 cm long in the northwestern Chukchi Sea in 2018 (left) and for pollock fingerlings and juveniles 5–20 cm long in the southwestern Chukchi Sea in 2019–2020 (right)

ры и бентосные виды (кумовые, изоподы, полихеты). В южной части моря эвфаузииды и копеподы составляли 76 % массы пищи сеголеток, а на рыб приходилось менее 1 %. Эвфаузииды преобладали в основном в ночные и утренние часы, копеподы — днем. Накормленность рыб была практически на одном уровне, как и средние ИНЖ (табл. 1, рис. 4).

У минтая длиной 20–30 см, который встречался только в северо-западной части моря, в питании доминировали личинки рыб (89 %), на долю эвфаузиид и мизид приходилось около 4–5 % массы пищи (табл. 1). Среднеразмерный минтай (30–40 см) в Чукотском море встречался единично, хотя был обилен в северо-западной части Берингова моря [Борилко, 2018].

Основная масса крупноразмерного минтая длиной 40–70 см обитала в южной части моря (плотность минтая в 2019 г. составила 2,243 т/км², в 2020 г. — 7,448 т/км²) [Савин, 2019; Шейбак и др., 2020]. В рационе минтая длиной 40–50 см наряду с планктоном (копеподы, эвфаузииды и декаподы, в основном личинки краба — *Chionoecetes opilio*) встречались и рыбы — 15 % от массы пищи. У минтая размерной группы 50–60 см на рыб приходилось 35 % массы пищи, у минтая 60–70 см — 55 %. В питании было отмечено около 16 видов рыб, в основном доминировали сайка, ликоды, стихеевые. Количество бентосных видов (полихеты, гаммариды, эхиуриды, сипункулиды, букциниды и двустворчатые моллюски) в рационе минтая длиной более 50 см составляло от 5 до 20 % (табл. 1, рис. 5). Такой минтай питался весьма интенсивно, ИНЖ равны 228–218 ‰. Анализ питания крупного минтая 40–70 см (средняя длина 56–62 см) показал отсутствие его четкой суточной ритмики, так как в шельфовой зоне пища для минтая была доступна практически круглосуточно (см. рис. 4). Тем не менее прослеживались два пика пищевой активности: утром — с 6 до 9 час и в вечер — с 18 до 24 час. В утренние часы в пище по массе доминировали рыбы, бентосные виды, эвфаузииды и декаподы, в вечерние часы наряду с рыбами значительную часть пищи составляли эвфаузииды и копеподы. Средний суточный пищевой рацион (СПР) составил 3,7 %.

Таким образом, кормовую базу минтая в Чукотском море составляли ракообразные: копеподы, эвфаузииды, амфиподы, мизиды, декаподы — и рыбы. Основное потребление кормовых объектов было отмечено в юго-западной части моря, где обитал минтай длиной 40–70 см. В среднем за сутки такой минтай потреблял 13,2 т/км² кормовых объектов, молодь — 0,2 т/км². Как и во всех дальневосточных морях, [Шунтов и др., 1993], молодь минтая в основном питалась копеподами и эвфаузиидами (24,9–51,1 %), половозрелый минтай — эвфаузиидами, креветками и рыбой (табл. 2). Рыбы составляли

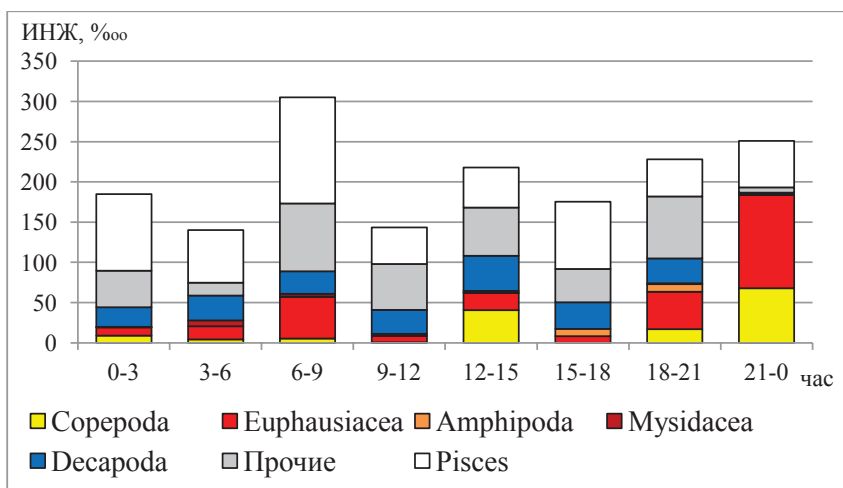


Рис. 5. Суточная ритмика и интенсивность питания минтая длиной 40–70 см в юго-западной части Чукотского моря в августе-сентябре 2019–2020 гг.

Fig. 5. Daily rhythm and feeding intensity for walleye pollock 40–70 cm long in the southwestern Chukchi Sea in August-September of 2019–2020

42 % рациона, а из потребляемых кормовых ресурсов зоопланктона на эвфаузиид приходилось около 20 %, копепод — около 6, декапод — 13 %. Крупноразмерный минтай, находясь в придонном слое, питался креветками, а также гаммаридами, донными полихетами, эхиуридами, моллюсками *Bivalvia* и *Gastropoda*.

Таблица 2

Среднесуточное потребление кормовых организмов минтаем различных размерных групп в Чукотском море, 2018–2020 гг., т/км² и % от общего количества

Table 2

Mean daily consumption of prey by walleye pollock in the Chukchi Sea in 2018–2020 (t/km²) and its composition (%), by size groups

Компонент	Северо-западная часть моря		Юго-западная часть моря			
	10–26 см		5–25 см		40–70 см	
	Т/км ²	%	Т/км ²	%	Т/км ²	%
Copepoda	0,0017	5,0	0,051	24,9	0,74	5,6
Euphausiacea	0,0025	7,6	0,104	51,1	2,58	19,6
Amphipoda	0,0046	13,9	0,014	7,1	0,24	1,8
Appendicularia	0,0028	8,5	0,001	0,5	0,02	0,1
Decapoda	0,0004	1,1	0,010	5,2	1,46	11,1
Chaetognatha	0,0024	7,3	0,004	2,0	0,02	0,2
Coelenterata	0,0008	2,6	0,001	0,3	0,01	0,1
Mysidacea	0,0066	20,1	0,008	3,7	0,08	0,6
Прочие	0,0006	1,7	0,008	3,8	0,01	0,1
Bivalvia					0,29	2,2
Gastropoda					0,49	3,7
Echiurida					1,26	9,6
Sipunculida					0,24	1,8
Polychaeta	0,0004	1,3			0,18	1,4
Pisces, в том числе:	0,0102	30,9	0,003	1,4	5,56	42,1
Сайка					0,88	6,7
Выедание	0,0330	100,0	0,204	100,0	13,18	100,0
Биомасса рыб	0,0052		0,033		3,56	
Средний СПР	6,2		6,2		3,7	

В связи с тем что в разные годы были исследованы разные площади акватории Чукотского моря, на которых определены запасы рыб, нами использовалась плотность рыб в тоннах на квадратный километр [Савин, 2019; Шейбак и др., 2020]. Отмеченное различие состава пищи молоди минтая в северном и южном районах можно объяснить относительно меньшей биомассой кормового зоопланктона, в частности копепод и эвфаузиид. Так, молодь минтая в северо-западном районе потребляла в основном молодь рыб, а также мизид и амфипод (табл. 2).

Кормовая база минтая в Чукотском море

Средние данные по биомассе фито- и зоопланктона и распределение биомассы фитопланктона и трех размерных фракций зоопланктона в Чукотском море в 2017–2020 гг. представлены в табл. 3 и на рис. 6.

Таблица 3
Биомасса фитопланктона и размерных фракций зоопланктона и групп его крупной фракции в Чукотском море в 2017–2020 гг.

Table 3
Biomass of phytoplankton, size fractions of zooplankton, and taxonomic groups of its large-sized fraction in the Chukchi Sea in 2017–2020, mg/m³

Фракции и группы зоопланктона	В среднем по морю		Южная часть моря		Северная часть моря	
	Мг/м ³	%	Мг/м ³	%	Мг/м ³	%
Фитопланктон	131	—	149,2	—	101,7	—
Зоопланктон, в том числе:	731,8	100,0	886,3	100,0	477,0	100,0
– мелкая фракция	153,2	20,9	177,2	20,0	112,8	23,6
– средняя фракция	54,2	7,4	70,5	8,0	28,1	5,9
– крупная фракция, в том числе:	524,4	71,7	638,6	72,0	336,1	70,5
Copepoda	99,9	19,0	127,2	19,9	54,8	16,3
Euphausiacea	75,6	14,4	117,0	18,3	7,4	2,2
Chaetognatha	245,3	46,8	273,9	42,9	198,3	58,8
Coelenterata	53,0	10,1	52,1	8,2	54,3	16,2
Tunicata	6,9	1,3	10,1	1,6	1,6	0,5
Amphipoda	7,2	1,4	4,2	0,7	12,1	3,6
Decapoda	3,6	0,7	5,1	0,8	1,3	0,4
Pteropoda	16,9	3,2	25,8	4,0	2,2	0,7
Mysidacea	7,7	1,5	10,4	1,6	2,9	0,9
Прочие	8,3	1,6	12,8	2,0	1,2	0,4

Средняя величина биомассы фитопланктона по северному району составляла 101,7 мг/м³. В северо-западной части в зоне влияния вод из Восточно-Сибирского моря максимальная биомасса была 1608 мг/м³, а в северо-восточной — 977 мг/м³ в зоне взаимодействия холодных арктических вод и аляскинской прибрежной водной массы (табл. 3, рис. 6). Основу фитопланктона в северной части шельфа формировали диатомовые водоросли из рода *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Ceratium*, *Coscinodiscus* и *Rhizosolenia*. На большей части исследованной акватории наблюдалось незначительное развитие фитопланктона. В зоне взаимодействия трансформированных тихоокеанских вод с аляскинской прибрежной массой были отмечены высокие значения биомассы фитопланктона, максимальная — до 2300 мг/м³. Повышенная биомасса фитопланктона, возможно, связана и с его механическим накоплением за счет циклонического круговорота, характерного для данной области (рис. 6). В целом состояние планктонного сообщества можно оценить как летнее.

В среднем по морю биомасса зоопланктона составляла 732 мг/м³, доминировал зоопланктон крупной фракции (72 % от общего количества зоопланктона), биомасса — 524 мг/м³. Высокая биомасса крупной фракции зоопланктона, до 600 мг/м³,

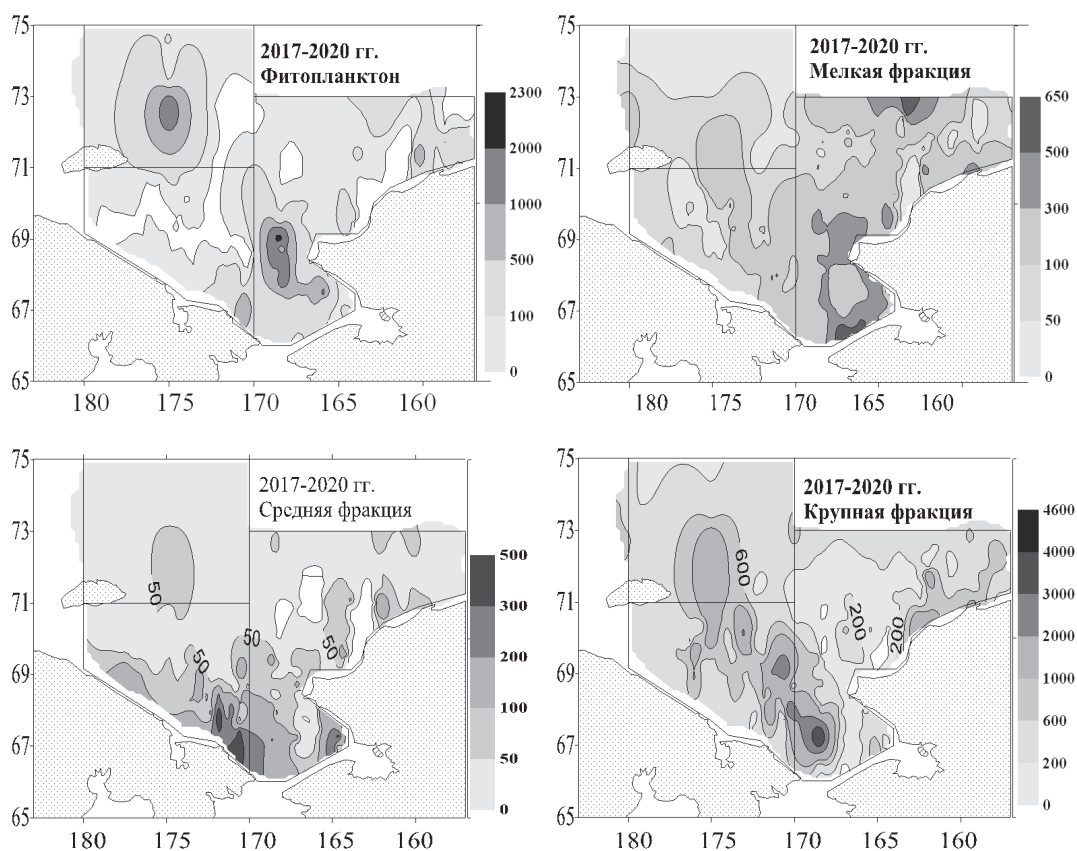


Рис. 6. Распределение биомассы фитопланктона и различных фракций зоопланктона (мелкая, средняя, крупная) в Чукотском море в 2017–2020 гг., mg/m^3

Fig. 6. Biomass of phytoplankton and size fractions of zooplankton (small, medium, large) in the Chukchi Sea in 2017–2020, mg/m^3

распространялась вдоль ветви Центрального течения, идущей на северо-запад моря, на акватории, занятой берингоморскими водами, максимальная биомасса — в южной части моря за счет эвфаузиид и сагитт ($4600 \text{ mg}/\text{m}^3$). Кроме того, повышенная биомасса зоопланктона была отмечена в северо-восточной части Чукотского моря, куда поступали более холодные воды из Арктического бассейна и из моря Бофорта (рис. 6).

Средние значения мелкого (0,2–1,2 мм) и среднеразмерного (1,2–2,0 мм) зоопланктона составляли соответственно 153 и $54 \text{ mg}/\text{m}^3$. При горизонтальном распределении биомассы этих фракций зоопланктона видно, что повышенное содержание мелкого зоопланктона (более $200 \text{ mg}/\text{m}^3$) наблюдалось в южной части района исследования и связано с сезонной сукцессией: в южной части моря наблюдался летний период, а в северной — весенний [Кузнецова и др., 2022]. Максимальные концентрации планктона в южной части моря достигали $492 \text{ mg}/\text{m}^3$, а в северной — не более $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ (рис. 6). Биомассы мелкой и средней фракции были высокими в районе Аляскинского течения, по северо-восточной ветви, идущей к мысу Барроу вдоль американского побережья. Преобладание мелкого зоопланктона связано с аляскинской прибрежной водной массой [Farley et al., 2019].

Высокие концентрации крупного зоопланктона наблюдались по ветви Центрального течения в северо-западном направлении, по которой распространялись берингоморские воды. В северной части моря наряду с щетинкочелюстными (59 %) доминировали копеподы (16 %) и кишечнотолостные (16 %) (табл. 3, рис. 6, 7). Сагитты были представлены двумя видами *Parasagitta elegans* и *Flaccisagitta maxima*, последняя

встречалась только в северо-западной части моря (рис. 7, табл. 3). В северо-западном районе наряду с широко распространенными копеподами *Calanus glacialis* преобладали арктический вид *C. hyperboreus* и бореально-арктический вид *C. finmarchicus*, занесенные из западных областей Арктического бассейна. В северо-восточной части моря биомассу копепод формировали *C. glacialis* и *C. hyperboreus*, поступающие на шельф из Арктического бассейна. В центральной части северного района моря встречались *Eucalanus bungii*, *Neocalanus plumchrus*+*N. flemingeri*, *N. cristatus*, их биомасса была невысокой. Как отмечено К.Н. Кособоковой [2010], количество океанических тихоокеанских видов (*N. cristatus*, *E. bungii*, *Metridia pacifica*), достигающих северных районов моря с тихоокеанскими водами, невелико и не сказывается на общей биомассе зоопланктона. Эвфаузииды представлены 5 видами и их молодью. Биомасса составляла всего 7,4 мг/м³. В северо-западной части моря отмечены *Thysanoessa raschii* и *Th. inermis* и виды арктического и арктическо-бореального комплекса, занесенные с западных областей: *Th. longicaudata* и *Meganectiphanes norvegica*. Около 16 % биомассы крупной фракции зоопланктона приходилось на кишечнополостных, в северо-западной части моря медузы встречались значительно в меньшем количестве, в северо-восточной части преобладали особи *Aglantha digitale* длиной 5–10 см (до 200–900 мг/м³). Доли других групп зоопланктона были в пределах 1–3 % от биомассы.

Гиперииды в Чукотском море представлены семью видами. Их максимальная биомасса составляла 206 мг/м³. Повсеместно встречались гиперииды *Themisto pacifica*, но их биомасса была невысокой. Рачки холодноводного вида *T. libellula*, заносимые в западную часть из Восточно-Сибирского моря, в восточную — из Арктического бассейна и моря Бофорта, доминировали на севере моря. Единично встречались *T. abyssorum*, *Hyperia galba*, *H. medusarum*, *Scina borealis*. Максимальные значения крылоногих моллюсков (1093 мг/м³) наблюдались в прибрежной области в северо-восточной части моря за счет *Clione limacina* длиной 10–15 см, на северо-западе моря также доминировали клионы (см. рис. 6) [Кузнецова и др., 2022].

В юго-западной части моря биомасса крупного зоопланктона составляла 983,3 мг/м³, максимальная — 4600 мг/м³. Обилие крупного зоопланктона обеспечивали сагитты — 43 %, копеподы — 20 % и эвфаузииды — 18 % (табл. 4, рис. 6, 7). *P. elegans* была распространена по всей акватории моря, а максимальные ее значения (до 3000 мг/м³) наблюдались в мористой области. В юго-западной части моря, где было отмечено наибольшее количество минтая, из копепод доминировала *E. bungii* (77,5 мг/м³), наряду с *C. glacialis* и *N. plumchrus*+*flemingeri* также встречались *M. pacifica*, *N. cristatus*. Вблизи прол. Лонга отмечена молодь бореально-арктических видов *C. finmarchicus* и *Metridia longa*, занесенных из Восточно-Сибирского моря (табл. 4). Из эвфаузиид доминировали *Th. inermis* и *Th. raschii*, их максимальные концентрации до 2200 мг/м³ отмечены в южной части моря. Молодь *Th. longipes* встречалась только в южном районе моря. Около 8 % биомассы зоопланктона приходилось на кишечнополостных, максимальное значение — 1469 мг/м³. Доминировали медузы *A. digitale* длиной 5–15 см, встречались также р. *Sarsia*, *Rathkea*, гребневики *Beroe* sp. Повсеместно наблюдалась гипериида *T. pacifica*, но ее биомасса была невысокой — менее 1 %. Среди десятиногих ракообразных преобладали молодь креветок *Pandalidae* sp., зоеа, мегалопа *Brachyura*, зоеа и взрослые *Pagurudae* sp. Максимальные значения биомассы декапод достигали 124 мг/м³ в прибрежье южной части моря. Отмечены и высокие значения биомассы ойкоплевр в западной и восточной частях моря — соответственно 155 и 105 мг/м³ (рис. 7). На шельфе в восточной части моря на севере преобладал *C. glacialis* из арктических вод, на юге популяция копепод была представлена *C. glacialis/marshallae* из Берингова моря [Pinchuk, Eisner, 2017]. В юго-восточной части моря высокую биомассу имели виды прибрежных вод, выдерживающие некоторое распреснение вод: особенно высокой была биомасса и численность копепод крупной фракции *Epilabidocera amphitrites*, а также средней фракции *C. abdominalis*,

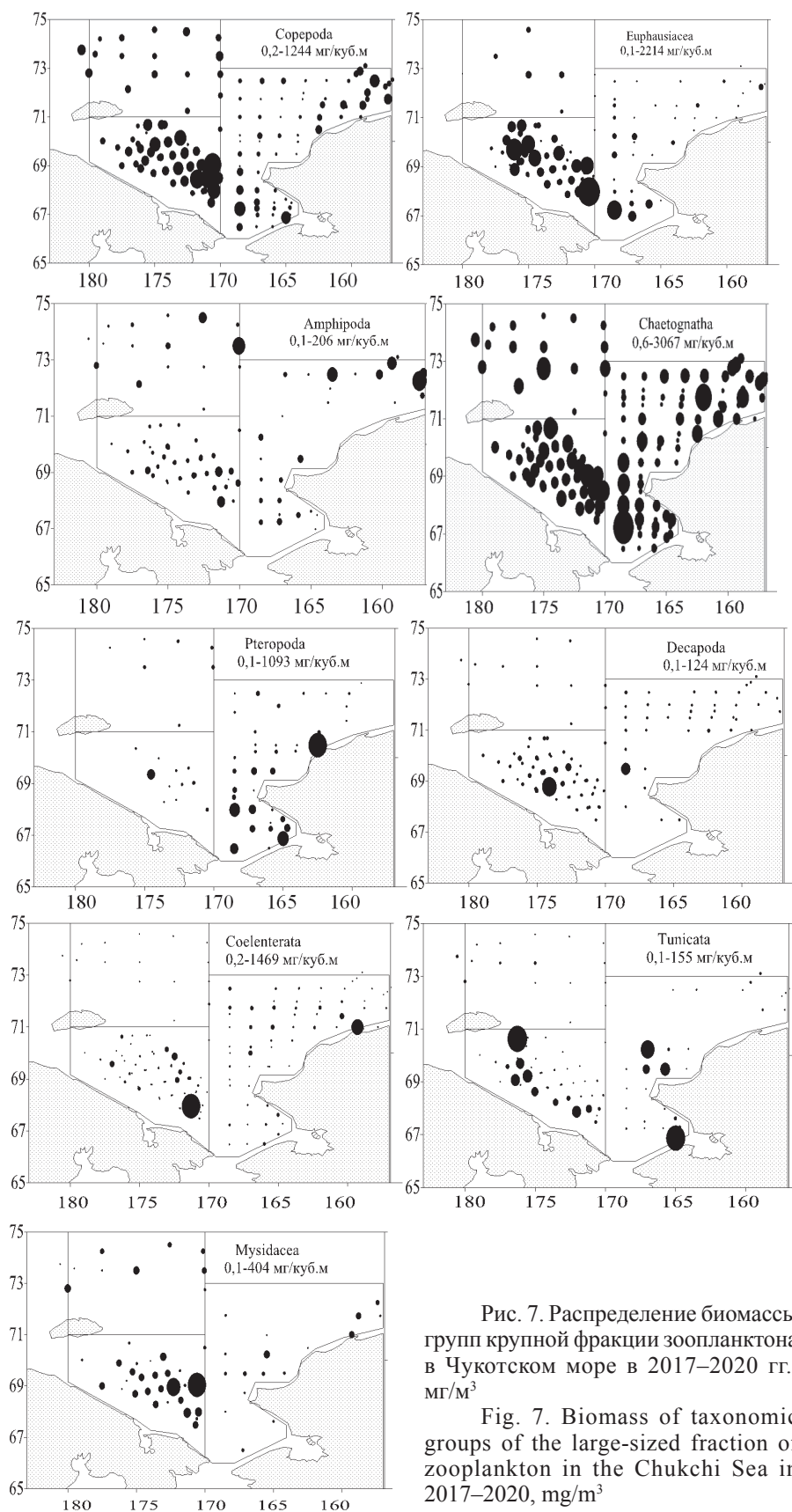


Рис. 7. Распределение биомассы групп крупной фракции зоопланктона в Чукотском море в 2017–2020 гг., мг/м³

Fig. 7. Biomass of taxonomic groups of the large-sized fraction of zooplankton in the Chukchi Sea in 2017–2020, mg/m³

Состав биомассы зоопланктона крупной фракции в юго-западной части Чукотского моря
в 2003–2020 гг.

Table 4

Biomass composition for the large-sized fraction of zooplankton in the southwestern Chukchi Sea
in 2003–2020

Вид и группа зоопланктона	2003, 2007–2008, 2010 гг.		2019–2020 гг.	
	Мг/м ³	%	Мг/м ³	%
Copepoda	224,90	23,37	186,77	18,99
<i>C. glacialis</i>	112,10	11,65	70,38	7,16
<i>C. finmarchicus</i>			2,19	0,22
<i>N. plumchrus/flemingeri</i>	21,10	2,19	27,20	2,77
<i>N. cristatus</i>	16,20	1,68	3,72	0,38
<i>Eucalanus bungii</i>	74,80	7,78	77,50	7,88
<i>Metridia pacifica</i>	0,70	0,07	3,39	0,35
<i>Metridia longa</i>			2,16	0,22
Прочие Copepoda			0,23	0,01
Hyperiididae	22,20	2,31	4,80	0,48
<i>Themisto pacifica</i>	0,20	0,02	1,94	0,20
<i>Th. libellula</i>	22,00	2,29	2,28	0,23
<i>Hyperia galba</i>			0,40	0,04
<i>Hyperia medusarum</i>			0,13	0,01
<i>Scina spinosa</i>			0,05	+
Gammaridea	1,60	0,17	0,91	0,09
Euphausiacea	210,73	21,90	339,68	34,54
<i>Euphausiacea (furcilia)</i>	5,80	0,60	3,95	0,40
<i>Thysanoessa raschii</i>	185,23	19,25	72,97	7,42
<i>Th. inermis</i>	19,55	2,03	262,62	26,71
<i>Th. longipes</i>	0,15	0,02	0,14	0,01
Pteropoda	1,26	0,13	3,58	0,37
<i>Clione limacina</i>	1,13	0,12	3,57	0,36
<i>Limacina helicina</i>	0,13	0,01	0,01	0,01
Coelenterata	19,42	2,03	75,14	7,64
<i>Aglantha digitale</i>	1,98	0,22	40,11	4,08
<i>Sarsia flammea</i>			7,31	0,74
<i>Sarsia tubutesa</i>			1,38	0,14
<i>Rathkea jaschnovi</i>			0,22	0,02
<i>Hydromedusae</i>	0,88	0,09	21,60	2,20
<i>Dimophyes arctica</i>			0,12	0,01
<i>Beroe</i> sp.	16,56	1,72	4,40	0,45
Chaetognatha	448,23	46,58	316,25	32,16
Decapoda	2,15	0,23	12,37	1,26
Mysidacea	0,03		16,20	1,65
Appendicularia	31,65	3,27	11,13	1,13
Polychaeta	0,08	0,01	0,33	0,04
Cumacea			0,17	0,02
Ostracoda			0,06	0,01
Bivalvia (larv.)			0,02	+
Larvae Cephalopoda			0,58	0,06
Pisces (larv.)			15,31	1,56
Крупная фракция (всего)	962,25	100	983,30	100

Примечание. «+» — менее 0,01 %.

мелкой фракции *Oithona similis*, копепод р. *Pseudocalanus*. Из птеропод (4 % от биомассы крупной фракции) преобладала *Limacina helicina* длиной 2–4 см [Кузнецова, 2018; Кузнецова и др., 2022].

На основании полученных данных были определены валовый запас и плотность зоопланктона в различных районах Чукотского моря (табл. 5). В северо-западной части моря в 2019 г. плотность зоопланктона была 64,8 т/км², ее определяла крупная фракция (56,3 т/км²), за счет сагитт и копепод, эвфаузиид и амфипод. В северо-восточной части моря плотность зоопланктона была почти в два раза ниже — 33,5 т/км², ее формировал зоопланктон как крупной фракции (21,7 т/км²), так и мелкой (10,0 т/км²). Высокая доля мелкого зоопланктона в этом районе связана с влиянием Аляскинского прибрежного течения.

Таблица 5

Плотность фракций зоопланктона и групп крупной фракции на шельфе Чукотского моря в различные годы

Table 5

Distribution density for size fractions of zooplankton and for taxonomic groups of the large-sized fraction on the shelf of the Chukchi Sea in certain years

Фракции и группы крупной фракции	Западная часть моря						Восточная часть моря			
	Северный район		Южный район				Северный район		Южный район	
	2019 г.*		2019–2020 гг.		2003, 2007– 2008 и 2010 гг.		2017–2019 г.			
	Т/км²	%	Т/км²	%	Т/км²	%	Т/км²	%	Т/км²	%
Фитопланктон	20,9		2,05		34,7		5,6		13,8	
Зоопланктон, в том числе:	64,8	100	58,0	100	56,7	100	33,5	100	29,0	100
– мелкая фракция	5,4	8,3	5,3	9,1	4,3	7,6	10,0	30,0	11,2	38,6
– средняя фракция	3,1	4,8	3,5	6,1	5,7	10,1	1,8	5,4	3,2	11,1
– крупная фракция, в том числе:	56,3	86,9	49,2	84,8	46,7	82,3	21,7	64,6	14,6	50,3
Copepoda	12,6	22,4	9,3	18,6	10,8	23,3	2,8	12,7	1,8	12,0
Euphausiacea	2,6	4,6	17,2	35,2	10,3	21,9	0,4	1,8	1,6	10,6
Amphipoda	2,4	4,3	0,2	0,5	1,1	2,4	0,6	2,5	0,1	0,7
Decapoda	0,2	0,4	0,6	1,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0	0
Mysidacea	0,8	1,4	0,8	1,6	0	0	0,1	0,5	0,1	0,3
Chaetognatha	35,3	62,8	15,7	32,1	21,8	46,9	11,3	53	8,3	58,2
Pteropoda	0,5	0,9	0,2	0,4	0,1	0,1	1,8	8,3	1,5	10,3
Coelenterata	1,3	2,3	3,5	7,1	0,1	0,2	4,3	19,5	0,9	5,8
Tunicata	0,5	0,9	0,6	1,2	1,4	3,0	0,2	0,7	0,3	2,1
Прочие	0,1	0,2	1,1	2,1	1,0	2,0	0,1	0,5	0	0
Площадь, тыс. км²	140,6		110,5		96,4		95,0		41,8	

* По данным Н.А. Кузнецовой с соавторами [2022].

В юго-западном районе Чукотского моря в летний период концентрация крупного кормового зоопланктона во многом зависит от преобладания в районе тех или иных водных масс и вследствие этого от температуры и других океанологических факторов. В начале 2000-х гг. было отмечено, что в годы наибольшего распространения беринговоморских вод (2007–2008 и 2010 гг.) плотность зоопланктона была соответственно 26,7–36,3 и 105,1 т/км², что выше, чем в 2003 г. (18,9 т/км²), когда район исследования находился по большей части в области сибирских прибрежных вод [Фигуркин, Слабинский, 2012; Слабинский, Фигуркин, 2014]. В отдельные годы доминировали разные группы: сагитты и копеподы — в 2007 г., сагитты и эвфаузииды — в 2008 г., сагитты, копеподы и эвфаузииды — в 2010 г., а в 2003 г. — только копеподы. В среднем в эти

годы концентрация зоопланктона составляла 56,7 т/км², из них 82 % приходилось на крупный зоопланктон (46,7 т/ км²), за счет сагитт, копепоид и эвфаузиид (табл. 5).

В 2019–2020 гг. в юго-западной части моря плотность кормового зоопланктона (49,2 т/ км²) находилась на уровне среднесезонных значений начала 2000-х гг. Основу биомассы составляли копепоиды, эвфаузииды и сагитты. Наблюдалось некоторое снижение биомассы щетинкочелюстных, а также копепоид за счет уменьшения биомассы холодноводного вида *C. glacialis*, но вместе с тем почти в два раза возросла биомасса эвфаузиид, особенно *Th. inermis* (см. табл. 4, 5).

В 2019–2020 гг. на юго-западный участок Чукотского моря оказывали интенсивное влияние теплые и соленые берингоморские воды, что связано с увеличением их затока. Высокие биомассы эвфаузиид и сагитт были отмечены вследствие западного переноса берингоморских вод Центральным течением, следующим в северном и северо-западном направлении и проходящим через всю акваторию моря. В этой области и формировались скопления зоопланктона с максимальными биомассами (см. рис. 6, 7).

Наиболее показательной величиной, определяющей пищевую обеспеченность нектона, является соотношение между потребленной и имеющейся в водоеме пищей [Шунтов, 2016]. Мы использовали среднегодовые показатели плотности зоопланктона и потребление минтаем кормовых объектов в юго-западной части моря, где преобладала его основная масса (минтай 40–70 см). Молодь минтая в основном питалась копеподами и эвфаузидами, половозрелый минтай — эвфаузидами, креветками и рыбами, кроме того, донными беспозвоночными (см. табл. 1). Полученные величины соотношения плотности пищевых ресурсов и объемов их потребления показали, что в летние месяцы значительного пресса на кормовые ресурсы со стороны минтая не наблюдалось (табл. 6).

В восточной части Чукотского моря в южном районе зоопланктон крупной и мелкой фракций составлял основу запаса — 50,3 и 38,6 % (см. табл. 5). Сеголетки минтая были отмечены только в южном районе, песчанка — по всему шельфу. Именно они были основными потребителями пищевых ресурсов [Кузнецова, Горбатенко, 2021]. Почти 80 % суммарного рациона сеголеток минтая и песчанки слагали главным образом копепоиды (61,4–35,8 %), эвфаузииды (11,1–15,9 %) и ойкоплевры (7,8–44,1 %), доля других видов зоопланктона и придонных видов и личинок рыб была в пределах 19,7–4,2 %. Наиболее часто встречающимися в питании были копепоиды — *C. glacialis* и мелкие представители р. *Pseudocalanus* [Кузнецова, Горбатенко, 2021]. Трофические отношения, складывающиеся при питании одними и теми же кормовыми организмами, показали, что в юго-восточном районе моря у доминирующих здесь по биомассе сеголеток минтая и песчанки наблюдалась высокая накормленность рыб, о чем свидетельствуют высокие ИНЖ — у сеголеток минтая 115 ‰ и песчанки 262 ‰. Плотность предпочитаемых объектов зоопланктона в 1285 раз превышала их количество в рационе минтая и песчанки, поэтому можно сделать вывод о том, что сеголетки минтая успешно питались и были обеспечены кормом [Кузнецова, Горбатенко, 2021].

Заключение

Состав и структура планктонного сообщества зависят от распространения на шельфе Чукотского моря тех или иных водных масс. В 2017–2020 гг. биомасса зоопланктона в среднем составляла 732 мг/м³, доминировал зоопланктон крупной фракции — 524 мг/м³ (72 %). Высокие значения биомассы крупной фракции зоопланктона до 600 мг/м³ распространялись вдоль ветви Центрального течения, идущей на северо-запад, на акватории, занятой берингоморскими водами. В северной части моря средняя биомасса была 336 мг/м³ за счет сагитт, кишечноротовых и копепоид, в южной — 638 мг/м³, а максимальная биомасса достигала 4600 мг/м³, преобладали

Таблица 6

Плотность кормового зоопланктона и количество выедаемых минтаем кормовых объектов и их соотношение в юго-западной части Чукотского моря в 2019–2020 гг.

Table 6

Spatial density of forage zooplankton biomass, consumption of prey by walleye pollock, and ratio between the biomass and consumption for the southwestern Chukchi Sea in 2019–2020

Компонент	Потребление зоопланктона		Плотность зоопланктона, т/км ²	Соотношение запас/потребление зоопланктона
	Т/км ²	%		
Copepoda	0,79	5,9	9,3	12
Euphausiacea	2,68	20,0	17,2	6
Amphipoda	0,25	1,9	0,2	1
Oikopleura sp.	0,02	0,2	0,6	28
Decapoda	1,47	11,0	0,6	0
Chaetognatha	0,03	0,2	15,7	582
Coelenterata	0,01	0,1	3,5	328
Mysidacea	0,08	0,6	0,8	10
Прочие	0,02	0,1	1,3	63
Bivalvia	0,29	2,2		
Бентосные виды				
Gastropoda	0,49	3,7		
Echiurida	1,26	9,4		
Sipunculida	0,24	1,8		
Polychaeta	0,18	1,3		
Рыбы, в том числе:	5,56	41,6		
сайка	0,88	6,6		
Выедание, т/км ²	13,39	100		
Биомасса рыб, т/км ²	3,59			
Средний СПР, %	3,7–6,2			

эвфаузииды и сагитты. Кроме того, повышенная биомасса за счет сагитт, медуз, копепод и клион отмечена в северо-восточной части Чукотского моря, куда поступали более холодные воды из Арктического бассейна и моря Бофорта. В северной части моря в западном районе плотность кормового зоопланктона в 2019–2020 гг. составляла 56,3 т/км², в южном — находилась на уровне среднемноголетних значений начала 2000-х гг. — 49,2 т/км² за счет эвфаузиид (17,3 т/км²), сагитт (15,8 т/км²) и копепод (9,2 т/км²).

Качественный состав пищевого спектра минтая на шельфе Чукотского моря довольно разнообразен и в основном согласуется с особенностями структуры той части планктонного сообщества, которая составляет кормовую базу. В северо-западном районе исследования сеголетки минтая и годовики за сутки потребляли 0,033 т/км² кормовых организмов, в основном амфипод — 13,9, мизид — 20,1 и рыб — 30,9 %, копеподы и эвфаузииды составляли 5–8 % рациона. В юго-западной части моря за сутки крупный минтай (40–70 см) выедал 13,2 т/км² кормовых объектов, молодь — 0,2 т/км². Как и во всех дальневосточных морях, молодь минтая в основном питалась копеподами и эвфаузиидами (24,9–51,1 %), половозрелый минтай — эвфаузиидами, креветками и рыбами. Рыбы составляли 42 % его рациона, а из потребляемых кормовых ресурсов зоопланктона на эвфаузиид приходилось около 20 %, декапод — 11, копепод — около 6 %. В придонном слое минтай питался креветками, гаммаридами, донными полихетами, эхиуридами, двустворчатыми и брюхоногими моллюсками.

Полученные величины плотности зоопланктона превышают объемы его потребления минтаем, что указывает на достаточное количество пищевых ресурсов для этого вида в период исследования 2017–2020 гг. в Чукотском море.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы глубоко признательны коллегам И.В. Григорову (ВНИРО), А.Н. Бензик (ПИНРО), Л.М. Гостренко (ТИНРО), американским исследователям Е.В. Фарли и К. Сесил, а также членам научной группы и экипажа НИС «Профессор Леванидов» и «Ocean Starr», помогавшим и принимавшим участие в сборе проб по планктону и питанию рыб.

The authors are deeply grateful to their colleagues I. V. Grigorov (VNIRO), A. N. Benzik (PINRO), and L. M. Gostrenko (TINRO), to the US researchers E. V. Farley and K. Cieciel, and to the crews and scientific teams of RV Professor Levanidov and RV Ocean Starr for their assistance in collection of samples on zooplankton and feeding aboard the research vessels.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no 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.

The authors declare that they have no conflict of interest. All applicable international, national, and/or institutional guidelines for care and use of animals were followed.

Список литературы

Борилко О.Ю. Рейсовый отчет о результатах экспедиции в Чукотское море НИС «ТИНРО» 31 августа — 10 сентября 2018 г. : отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 28249. — Владивосток, 2018. — 143 с.

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. Возможности и приемы при работе с базами данных ТИНРО «Зоопланктон северной части Тихого океана, Охотского, Берингова и Чукотского морей», «Трофология нектона» и «Морская биология» // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 198. — С. 239–261. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-198-239-261.

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 : науч.-справ. пособие. — М. ; Обнинск : ИГ-СОЦИН, 2017. — 640 с.

Ефимкин А.Я. Питание сайки *Boreogadus saida* в Беринговом и Чукотском морях // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 184–192.

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

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., Горбатенко К.М. Питание сайки, минтая и других рыб и их пищевая обеспеченность в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г. // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 765–783. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-765-783.

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 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.

Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В. и др. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Тр. ВНИРО. — 2019. — Т. 178. — С. 206–220. DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220.

Савин А.Б. Сайка (*Boreogadus saida*, Gadidae) Чукотского моря и прилегающих вод // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 810–832. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-810-832.

Савин А.Б. Современное состояние промысловых рыбных ресурсов морей восточного сектора Арктики : отчет о НИР / ТИНРО. № 28357. — Владивосток, 2019. — 51 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. 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.

Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 484 с.

Шейбак А.Ю., Грицай Е.В., Бомко С.П. и др. Рейсовый отчет о результатах научно-исследовательских работ по оценке биологических ресурсов в Беринговом и Чукотском морях на НИС «ТИНРО». 7 августа — 31 октября 2020 г. / ТИНРО-центр. № 28402. — Владивосток, 2020. — 291 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. — Т. 2. — 604 с.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей : моногр. — Владивосток : ТИНРО, 1993. — 426 с.

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.

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.

Farley E., Ciciel K., Vollenweider J. et al. Arctic Integrated Ecosystem Survey. Cruise Report to the Arctic Integrated Research Program. — 2019. — 118 p.

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.

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

Borilko, O.Yu., Otchet Nauchno-Issled. Rab. “Reysovyi otchet ob organizatsii ekspeditsii v Chukotskom more NIS «TINRO» 31 avgusta — 10 sentyabrya 2018 g.” (Res. Rep. “Cruise report on

the organization of the expedition in the Chukchi Sea of the RV TINRO August 31 — September 10, 2018”), Available from TINRO-Tsentr, 2018, Vladivostok, no. 28249.

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., Opportunities and techniques of using the databases of TINRO “Zooplankton of the north Pacific, Okhotsk, Bering, and Chukchi Seas”, “Nekton trophology”, and “Marine biology”, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 198, pp. 239–261. doi 10.26428/1606-9919-2019-198-239-261

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, *Byull. no. 2 realizatsii “Kontseptsii dal’nevostochnoi basseinovoi 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., *Ledovye usloviya morey aziatskoy chasti Rossii* (Ice conditions of the seas of the Asian part of Russia), Moscow; Obninsk: IG-SOCIN, 2017.

Efimkin, A.Ya., Feeding of arctic cod *Boreogadus saida* in the Bering and Chukchi Seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 173, pp. 184–192.

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

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.

Coachman, L.K., Aagaard, K., 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 Gorbatenko, K.M., Feeding of arctic cod, walleye pollock, and other pelagic fish and their food supply in the Chukchi Sea in august-september, 2019, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 765–783. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-765-783

Kuznetsova, N.A., Gorbatenko, K.M., and Figurkin, A.A., 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. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-122-145

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 basseinovoi 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.

Orlov, A.M., Benzik, A.N., Vedishcheva, E.V., Gafitsky, S.V., Gorbatenko, K.M., Goryanina, S.V., Zubarevich, V.L., Kodryan, K.V., Nosov, M.A., Orlova, S.Yu., Pedchenko, A.P., Rybakov, M.O., Sokolov, A.M., Somov, A.A., Subbotin, S.N., Taptygin, M.Yu., Firsov, Yu.L., Khleborodov, A.S., and Chikilev, V.G., Fisheries research in the Chukchi Sea at the RV «Professor Levanidov» in August 2019: some preliminary results, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 178, pp. 206–220. doi 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220

Savin, A.B., Arctic cod (*Boreogadus saida*, gadidae) in the Chukchi Sea and adjacent waters, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 810–832. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-810-832

Savin, A.B., *Otchet Nauchno-Issled. Rab. “Sovremennoye sostoyaniye promyslovykh rybnykh resursov morey vostochnogo sektora Arktiki”* (Res. Rep. “The current state of commercial fish resources of the seas of the eastern sector of the Arctic”), Available from TINRO, 2019, Vladivostok, no. 28357.

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.

Chuchukalo, V.I., *Pitanie i pishchevye otnosheniya nektona i nektobentosa v dal'nevostochnykh moryakh* (Diet and Feeding Interactions among Nekton and Nektobenthos in the Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006.

Sheybak, A.Yu., Gritsay, E.V., Bomko, S.P., Beldy, M.V., Borilko, O.Yu., Gostrenko, L.M., Chulchekov, D.N., Polyanichko, V.I., Lysenko, A.V., and Glebov, I.I., *Reysovyy otchet o rezul'tatakh nauchno-issledovatel'skikh rabot po otsenke biologicheskikh resursov v Beringovom i Chukotskom moryakh na NIS «TINRO». 7 avgusta — 31 oktyabrya 2020 g.* (Cruise report on the results of research work on the assessment of biological resources in the Bering and Chukchi seas on the R/V TINRO. August 7 — October 31, 2020), Available from TINRO, 2020, Vladivostok, no. 28402.

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2016, vol. 2.

Shuntov, V.P., Volkov, A.F., Temnykh, O.S., and Dulepova, E.P., *Mintai v ekosistemakh dal'nevostochnykh morei* (Walleye Pollock in Ecosystems of the Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO, 1993.

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

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.

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.

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

Поступила в редакцию 9.02.2023 г.

После доработки 3.03.2023 г.

Принята к публикации 3.03.2023 г.

The article was submitted 9.02.2023; approved after reviewing 3.03.2023;
accepted for publication 3.03.2023