

УДК 597–153(268.56)



Н.А. Кузнецова, К.М. Горбатенко*
Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ПИТАНИЕ САЙКИ, МИНТАЯ И ДРУГИХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ И ИХ ПИЩЕВАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ В ЧУКОТСКОМ МОРЕ В АВГУСТЕ–СЕНТЯБРЕ 2019 Г.

В летний период 2019 г. состав пищи и накормленность рыб различались по районам и отражали региональные особенности кормовой базы. Основными пищевыми компонентами были копеподы и эвфаузииды, причем соотношение этих пищевых компонентов менялось, но оставалось постоянным их преобладание. В западной части Чукотского моря основными потребителями пищевых ресурсов были сайка и минтай 40–70 см (за сутки 12,24 т/км²), соответственно 3,85 и 8,38 т/км². У сайки основной рацион из зоопланктона (3,0 т/км²) составляли копеподы (1,27 т/км²), причем не только крупные, но и виды мелкой и средней фракций. У крупного минтая 40–70 см половину кормовых компонентов составляли рыбы (4,05 т/км²), зоопланктон (3,01 т/км²), в основном эвфаузииды (2,6 т/км²). Общий запас сетного зоопланктона (55,2 т/км²) в 7 раз превышал количество выедаемого зоопланктона, и в качестве резервной пищи оставались мало используемые кишечноротовые, сагитты и прочие виды планктона, а также придонные виды и мелкий нектон. Отмечена высокая интенсивность питания как сайки, так и минтая, СПР составляли 7,4–9,4 и 3,4–4,7 % от массы тела. Можно говорить о достаточной обеспеченности пищей в 2019 г. В восточной части моря, где на севере доминировали сайка и песчанка, а на юге — минтай и песчанка, 80 % суммарного рациона сеголеток минтая, песчанки и сайки слагали копеподы (50,5 %), эвфаузииды (12,0 %) и ойкоплевры (17,0 %). В южном районе соотношение планктон–рацион было почти в 2 раза выше, чем в северном. Сеголетки минтая и песчанки питались весьма интенсивно, отмечены высокие ИНЖ — 114,8 и 262,0 ‰. Интенсивность питания в северном районе была ниже, ИНЖ у сайки — 87 ‰, у песчанки — 47 ‰, что свидетельствует о более низкой обеспеченности пищей в северном районе и достаточной — в южном.

Ключевые слова: Чукотское море, питание, рацион, минтай, сайка, песчанка, сеголетки, интенсивность питания, потребление.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-765-783.

Kuznetsova N.A., 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. TINRO*. — 2021. — Vol. 201, Iss. 4. — P. 765–783.

Data on feeding of fish are presented collected in the western Chukchi Sea aboard RV «Professor Levanidov» and in the eastern Chukchi Sea aboard RV «Ocean Starr» in August–

* Кузнецова Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru; Горбатенко Константин Михайлович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru.

Kuznetsova Natalia A., Ph.D., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru; Gorbatenko Konstantin M., D.Biol., principal researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: konstantin.gorbatenko@tinro-center.ru.

September, 2019. The feeding was different by areas of the sea and reflected regional features of food base. Copepods and euphausiids were the main components of the diet, though their ratio varied. In the western Chukchi Sea, arctic cod and walleye pollock (40–70 cm) were the main consumers of food resources and consumed on average 3.85 and 8.38 t/km² per day, respectively. The diet of walleye pollock included fish (4.05 t/km² · day) and zooplankton (3.01 t/km² · day, mostly euphausiids — 2.60 t/km² · day). Arctic cod consumed predominantly zooplankton (3.00 t/km² · day, mostly copepods — 1.27 t/km² · day, but also small- and medium-sized species). The total stock of net zooplankton (55.2 t/km²) exceeded in 7 times daily consumption of zooplankton. Coelenterates, arrowworms, other plankton species, benthic species, and small-sized nekton were consumed by fish poorly. Daily food ration of arctic cod and walleye pollock was estimated as 7.4–9.4 % and 3.4–4.7 % of their body weight, respectively, so the food supply of these species in the western Chukchi Sea was quite sufficient in 2019. In the eastern Chukchi Sea, the diet of juveniles of walleye pollock, sand lance and arctic cod included mainly copepods (50.5 %), euphausiids (12.0 %) and oikopleura (17.0 %). Ratio of zooplankton stock to daily consumption was twice higher in the southern part of the eastern Chukchi Sea than in its northern part. The consumption was also higher in the southern area where the index of stomach fullness reached 114.8 ‰ for pollock juveniles and 262.0 ‰ for sand lance juveniles, whereas it was 87 ‰ for juvenile arctic cod and 47 ‰ for juvenile sand lance in the northern area.

Key words: Chukchi Sea, feeding, diet, walleye pollock, arctic cod, sand lance, juvenile, feeding intensity, consumption.

Введение

Климато-океанологические изменения в Арктике, такие как потепление и отступление льда далее на север, увеличили интерес к изучению арктического сектора России, и в частности Чукотского моря. С изменениями климатологических показателей часто связана смена режима в пелагической среде. Долгосрочные изменения в биомассе планктона также явно отражаются на более высоких трофических уровнях. У большого количества видов рыб Берингова моря область их распространения также сместилась на север за последние два десятилетия [Wassmann et al., 2015 по: Ershova et al., 2015]. В юго-западном районе Чукотского моря в период рыбохозяйственных исследований, которые проводились ТИНРО в 2003, 2007–2008 и 2010 гг., основу ихтиомассы Чукотского моря традиционно составляла сайка *Boreogadus saida*, минтай *Gadus chalcogrammus* встречался единично, как, например, в 2008 г. (0,07 тыс. т). В 2018 г. отмечено появление минтая не только в юго-западной части Чукотского моря, где его запасы увеличились в несколько раз, до 37,27 тыс. т, но и в северо-западной — 0,18 тыс. т.

В августе 2019 г. на НИС «Профессор Леванидов» в водах Чукотского моря на западном шельфе были проведены океанографическая, планктонная и траловая съемки. Последняя показала значительное увеличение биомассы минтая по сравнению с предыдущим годом. Основу уловов составляли два вида пелагических рыб: минтай и сайка. В результате были собраны новые материалы по питанию массовых представителей пелагических видов рыб не только в юго-западной, но и в северо-западных частях моря.

В восточной части Чукотского моря в 2017–2019 гг. в августе-сентябре проводились исследования по программе Комплексного исследования экосистем Арктики (The Arctic Integrated Ecosystem Survey, Arctic IES) на НИС «Ocean Starr». Трофологические исследования входили в эту программу, были собраны материалы по питанию рыб по методике, принятой в ТИНРО.

Цель настоящего исследования — оценка влияния появления большого количества минтая в Чукотском море на качественный и количественный состав рационов сайки, минтая, а также других пелагических рыб и оценка степени обеспеченности их пищей.

Материалы и методы

Настоящая статья основана на материалах, полученных в августе-сентябре 2019 г. в экспедициях в западной части Чукотского моря на НИС «Профессор Леванидов» и

в восточной части моря на НИС «Ocean Starr». Привлечены также материалы по питанию пелагических видов рыб в западной части Чукотского моря, собранные в сентябре 2018 г. на НИС «ТИНРО» (табл. 1), когда была обследована акватория на двух полигонах: южном в координатах 67°29'4"–69°36'9" с.ш. 169°58'4"–172°54'3" з.д. на глубинах 43–52 м площадью 15,63 тыс. км² и северном в координатах 73°38'5"–74°49'1" с.ш. 171°23'0"–178°25'6" з.д. на глубинах 140–270 м площадью 20,07 тыс. км².

Таблица 1
Количество собранного и обработанного материала по питанию пелагических рыб
Table 1
Amount of collected and processed material on feeding of pelagic fish

Вид	Восточный шельф 2019 г.		Западный шельф 2019 г.		Западный шельф 2018 г.	
	Проб	Желудков	Проб	Желудков	Проб	Желудков
<i>Boreogadus saida</i>	25	1121	41	234	118	808
<i>Gagus chalcogrammus</i>	21	516	18	133	22	67
<i>Ammodytes hexapterus</i>	21	639	2	5	–	–
<i>Mallotus villosus</i>	4	40	2	8	28	159
<i>Clupea pallasii</i>	6	55	5	14	1	1
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	2	5	–	–	–	–
<i>Oncorhynchus keta</i>	2	3	–	–	–	–
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	5	26	–	–	–	–
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	1	1	–	–	–	–

В западной части в российских водах Чукотского моря траловая съемка была проведена с 11 по 19 августа и с 23 по 28 августа 2019 г. на акватории, ограниченной координатами 67°30'–74°45' с.ш. 180° в.д.–170° з.д. (район 1, или западный) (рис. 1). Траловая съемка осуществлялась с использованием донного трала, основу уловов составляли два вида пелагических рыб — сайка *B. saida* и минтай *G. chalcogrammus*. По биомассе в уловах преобладал минтай, а по численности — сайка. Достаточно часто в уловах встречалась мойва *Mallotus villosus*, в меньшей степени — молодь песчанки *Ammodytes hexapterus* [Орлов и др., 2019].

В восточной части моря в районе американского шельфа с 27 августа по 11 сентября (район 2, или северо-восточный) и с 17 по 26 сентября 2019 г. (район 3, или юго-восточный) на НИС «Ocean Starr» (США) также были выполнены сборы данных по питанию сеголеток сайки, минтая, лососей и других рыб. Граница северо-восточного района (2) проходила по 72°30' с.ш., южного (3) — от 69°30' с.ш. Пробы на питание сайки и минтая, мойвы и песчанки были взяты из среднеглубинных уловов (Marinovich Trawl), а лососей — из поверхностных тралений (Nordic Trawl). Сбор и обработка материалов по питанию рыб проводилась по методике, принятой в ТИНРО [Волков, 2008], одним из авторов Н.А. Кузнецовой, которая была приглашена для участия в морских экспедициях в 2017 и 2019 гг. в Чукотском море на НИС «Ocean Starr».

Схема станций и положение районов, по которым осреднялись полученные материалы, показаны на рис. 1. Проба на питание рыб обычно включала 10–50 желудков рыб одного вида. 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 (доля по массе, %; общие и частные индексы наполнения желудков (ИНЖ), ‰) [Волков, 2008]. Для расчетов суточных пищевых рационов (СПР) применяли методику Б.Н. Элькиной, усовершенствованную Ю.Г. Юровицким [1962]. Значения СПР в летний период для расчета рационов минтая длиной 5–10 и 10–25 см из западной части Чукотского моря и для сеголеток рыб из восточной части были взяты из монографии В.И. Чучукало [2006].

Пищевую обеспеченность минтая и сайки оценивали по соотношению «биомасса кормового зоопланктона и рациона его потребителей» [Шунтов, 2016]. Запасы наиболее

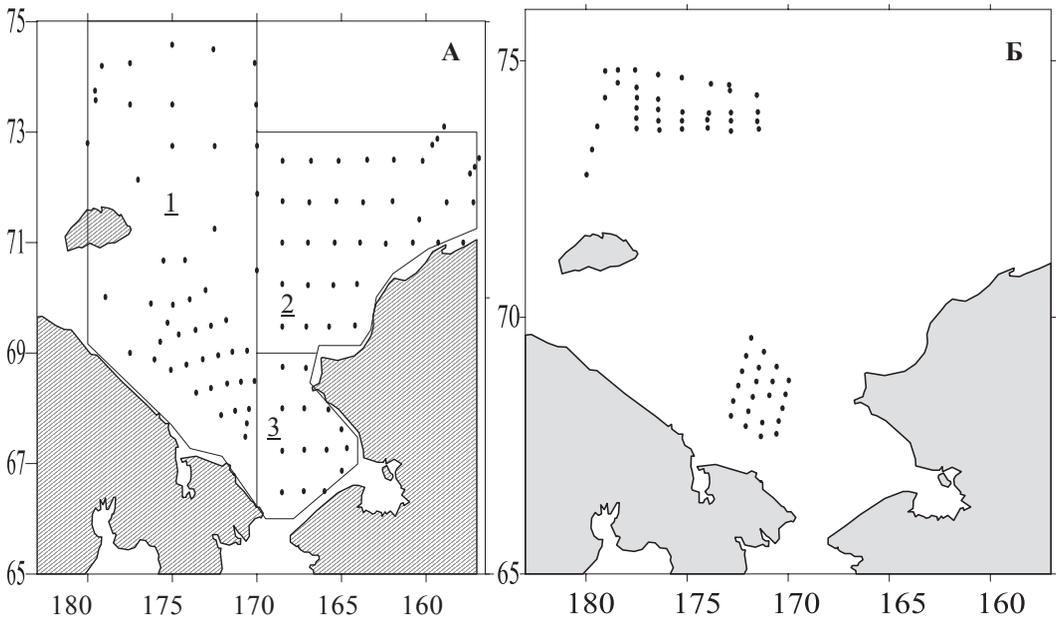


Рис. 1. Район работ и схема тралений: А — в августе-сентябре 2019 г. (цифры — номера районов: 1 — западный (российский шельф), 2 — северо-восточный, 3 — юго-восточный (американский шельф); Б — в сентябре 2018 г.

Fig. 1. Scheme of surveyed area: А — trawl stations in August-September 2019 (1 — western area on shelf of Russia, 2 — northeastern area, 3 — southeastern area on the US shelf); Б — trawl stations in September 2018

массовых видов пелагических рыб с учетом коэффициента уловистости в западной части Чукотского моря в 2019 г. даны по данным А.Б. Савина*, в связи с тем что в разные годы в период съемки были обследованы разные площади, нами использовались значения плотности (т/км²). Состав и биомасса зоопланктона были определены авторами статьи на основе обработки материалов планктонных съемок, выполненных одновременно с траловыми.

Результаты и их обсуждение

Минтай и сайка встречались практически на всей обследованной акватории, отсутствуя только в самой северной ее части. Наиболее плотные скопления взрослых особей и молоди минтая отмечались в уловах юго-восточнее о. Врангеля в зоне действия теплых водных масс тихоокеанского происхождения, проникающих в Чукотское море через Берингов пролив. Максимальные уловы сайки отмечались к югу от о. Врангеля в северо-западной части в зоне влияния водных масс Восточно-Сибирского моря.

На рис. 2 показаны групповой состав пищи и ИНЖ доминирующих и постоянно встречающихся видов рыб, а в табл. 2–6 — видовой состав пищи рыб в августе-сентябре 2019 г.

Рацион сеголеток и годовиков минтая (5–25 см) и сайки (5–25 см) в западной части моря составлял зоопланктон — 97–78 %, доминировали копеподы и эвфаузииды — 58–48 % (рис. 2, табл. 2, 3). У минтая третьими по значимости были ойкоплевры, у сайки — гиперииды. У сайки длиной более 15 см количество рыб в пище составило около 4 %, в том числе и собственная молодежь. Интенсивность питания сеголеток длиной 5–10 см и сайки длиной 10–15 и 15–20 см была высокой, ИНЖ

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

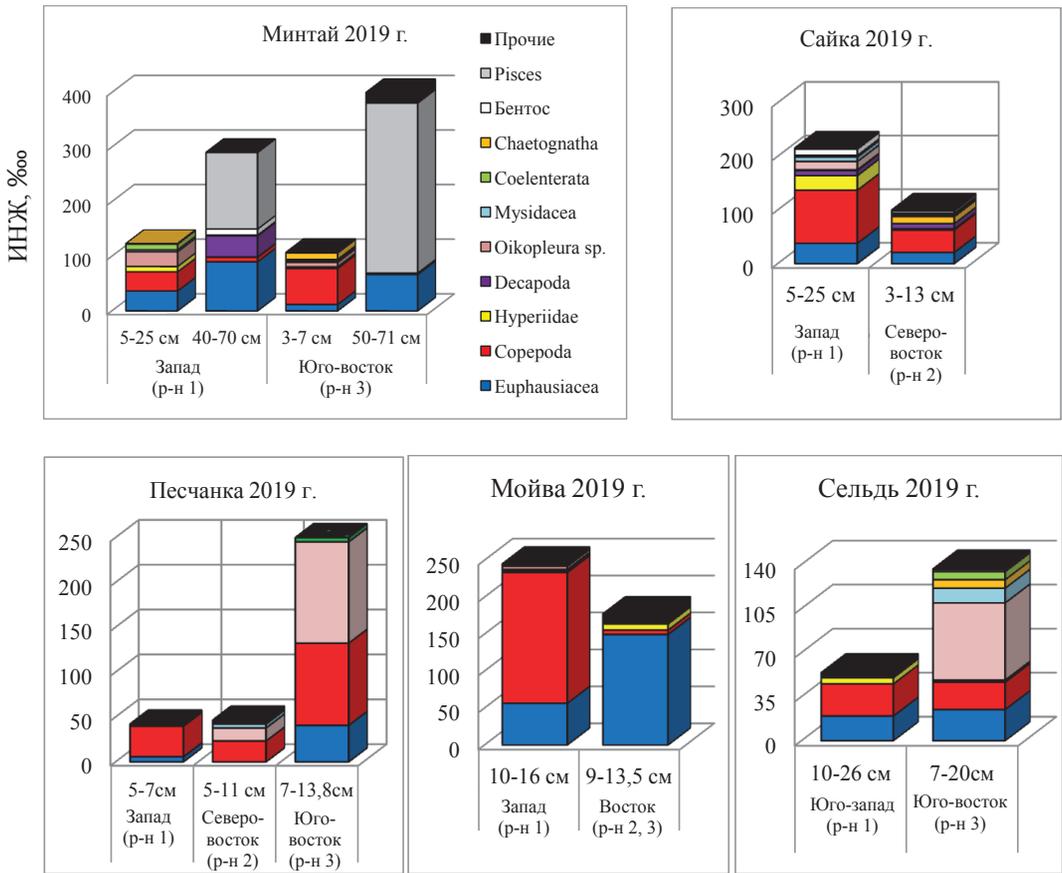


Рис. 2. Состав пищи и наполнение желудков доминирующих и часто встречающихся видов рыб в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.

Fig. 2. Diet composition (% by weight) and average index of stomach fullness (‰) for dominant and common fish species in the Chukchi Sea in August-September 2019

составил 186–236 ‰, а у крупных особей — 71 ‰. Суточный пищевой рацион изменялся от 9,4 % у сеголеток (5–10 см) до 2,5 % у крупной сайки (20–25 см). Рацион крупного минтая 40–70 см составляли рыбы (48 %, причем сайка 31 %) и эвфаузииды (31 %). У всех размерных групп половозрелого минтая интенсивность питания была высокой — 235–332 ‰. СПР у минтая размером 50–60 и 60–70 см составлял соответственно 3,4 и 4,7 %.

В восточной части моря в южном районе крупный минтай питался весьма интенсивно, ИНЖ был равен 410 ‰. Основу рациона составляли рыбы — 78 % (в основном ликоды — 66 % — и собственная молодь — 10 %) и эвфаузииды — 16 %. Сеголетки минтая (средняя длина 6,1 см) отмечены только в юго-восточном районе, в рационе преобладали копеподы (61 %) и эвфаузииды (11 %), ИНЖ составил 115 ‰. В восточной части моря в 2019 г. сеголетки сайки (средний размер 4,9 см) встречались только в северном районе, в 2017 г. — по всему восточному шельфу (рис. 3). Основу рациона составляли копеподы и эвфаузииды, интенсивность питания была средней, ИНЖ в 2019 г. составляли 87 ‰ и в 2017 г. — 68–99 ‰ (см. рис. 2, 3). В 2019 г. у незначительного количества сеголеток сайки (7–13 см) доминировали гиперииды и личинки рыб, в основном песчанки. В 2017 г. в северо-восточном районе из копепоид в пище преобладал *Calanus glacialis*, доля остальных 11 видов копепоид была по 1–2 % от массы пищи. В юго-восточном районе наряду с *Calanus*

Состав пищи сайки в западной и северо-восточной части Чукотского моря
в августе-сентябре 2019 г.

Diet composition of arctic cod in the western and northeastern Chukchi Sea
in August-September 2019

Компонент пищи	Западная часть моря (район 1)				Северо-восточная часть моря (район 2)	
	Размерная группа, см					
	5–10	10–15	15–20	20–25	3–7	7–13
<i>Calanus glacialis</i>	15,2	15,2	5,3	16,2	27,7	4,3
<i>Neocalanus plumchrus+flemengeri</i>	17,2	20,5	3,2	6,1	0,9	0
<i>Metridia longa</i>	12,1	0,7	5,2	0,1	0	0
<i>Calanus hyperboreus</i>	4,1	5,1	0,7	0,2	0,9	1,0
<i>Pseudocalanus</i> ssp.	0,5	0	0	0	11,1	0
Прочие копеподы (5–14 видов)	2,0	4,4	3,3	1,1	2,1	0,8
<i>Thysanoessa raschii</i>	19,0	7,7	11,7	10,1	4,2	0
<i>Thysanoessa inermis</i>	3,5	2,9	7,5	0,5	12,8	34,6
Прочие 2 вида juv.	0,2	0	0	1,8	3,7	0
<i>Themisto abyssorum</i>	0,4	0,4	0,8	0	0	0
<i>Themisto libellula</i>	8,3	14,8	23,0	22,7	0,9	6,8
<i>Themisto pacifica</i>	0	0	0	0	0,6	13,1
Zoea, Megalopa Brachyura	3,4	1,1	1,4	0	2,6	0
Zoea Pagurus	0	0,1	0	0	5,9	0
Caridea (larv.)	0	3,6	8,2	8,2	1,6	0,4
Mysidacea	3,4	3,7	6,8	5,0	3,3	0
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i> , <i>Oik.</i> sp.	7,4	7,3	4,5	0,3	1,1	2,8
Coelenterata	1,2	1,7	2,5	0,8	0,3	0
Chaetognatha	0	1,3	1,9	1,0	13,3	0
Прочие	0	1,0	0,1	0,8	1,7	0
Бентос (Crustacea)	2,1	9,0	9,2	5,3	1,5	0
<i>Boreogadus saida</i>	0	0,3	4,9	10,5	0	0
Teleostei sp.	0	0	0	9,3	0	0
<i>Ammodytes hexapterus</i> (larv.)	0	0	0	0	4,2	36,2
СПР, %	9,4	7,4	9,1	2,5	0	0
Ср. ИНЖ, ‰	235,9	186,1	228,9	70,7	87,0	153,6
Ср. масса, г	5,0	17,0	35,80	88,70	0,96	6,70
Ср. длина, мм	86,0	122,0	170,0	223,0	4,83	9,60
Кол-во проб	5	14	16	6	1098	23
Кол-во желудков	22	100	93	19	22	3

Примечание. Здесь и далее в скобках — номер района.

glacialis/marshallae доминировали мелкие копеподы р. *Pseudocalanus*, *Centropages abdominalis*, третьими по значимости в пище на севере были личинки декапод, на юге — ойкоплевры. Сайка в значительном количестве потребляла мелкий зоопланктон, который преобладал по биомассе и численности в юго-восточном районе (243,5 мг/м³) [Кузнецова, 2018а, б].

Как в 2019 г., так и в 2017 г. основу рационов песчанки, мойвы и сельди составляли копеподы и эвфаузииды, сеголетки песчанки активно питались, в рационе доминировали копеподы. У молоди мойвы длиной 5–10 см чаще доминировали копеподы, а в питании взрослой мойвы длиной 10–15 см — эвфаузииды. В рационах песчанки и сельди кроме копепод и эвфаузиид в юго-восточной части доминировали и ойкоплевры (рис. 2, 3, табл. 2–6).

Таблица 3

Состав пищи минтая в западной части Чукотского моря в августе 2019 г.

Table 3

Diet composition of walleye pollock in the western Chukchi Sea in August 2019

Компонент пищи	Размерная группа, см				
	5–10	10–25	40–50	50–60	60–70
<i>Calanus glacialis</i>	18,8	13,7	25,7	0,30	0,1
<i>Calanus finmarchicus</i>	5,5	3,5	0,2	–	–
<i>Calanus hyperboreus</i>	2,0	4,1	0,2	–	–
Прочие (4 вида)	3,7	5,9	3,9	0,10	–
<i>Thysanoessa inermis</i>	10,1	5,7	21,0	12,90	7,0
<i>Thysanoessa raschii</i>	28,8	16,8	25,0	30,90	10,9
<i>Themisto libellula</i>	17,2	0,7	0,5	0,20	0,1
Mysidacea	6,7	–	0,5	0,10	–
Caridea	–	–	5,0	13,40	11,9
<i>Chionocetes opilio</i> (larv.)	–	–	10,0	0,10	0,9
<i>Oikopleura vanhoeffeni</i>	2,8	36,7	2,0	0,02	–
<i>Sagitta elegans</i>	0,6	0,9	1,0	0,10	–
Coelenterata	3,9	12,1	2,0	–	–
Бентические виды	–	–	–	5,80	2,8
<i>Boreogadus saida</i>	–	–	3,0	5,0	58,2
<i>Theragra chalcogramma</i>	–	–	–	2,5	1,3
<i>Leptoclinus maculatus</i>	–	–	–	7,8	1,3
Прочие рыбы	–	–	2,0	20,8	5,5
СПР, %	–	–	–	3,4	4,7
Ср. ИНЖ, ‰	207	59	309	235	332
Ср. масса, г	4	53	745	1326	1895
Ср. длина, мм	93	174	487	569	670
Кол-во желудков	10	13	10	45	55
Кол-во проб	2	3	1	5	7

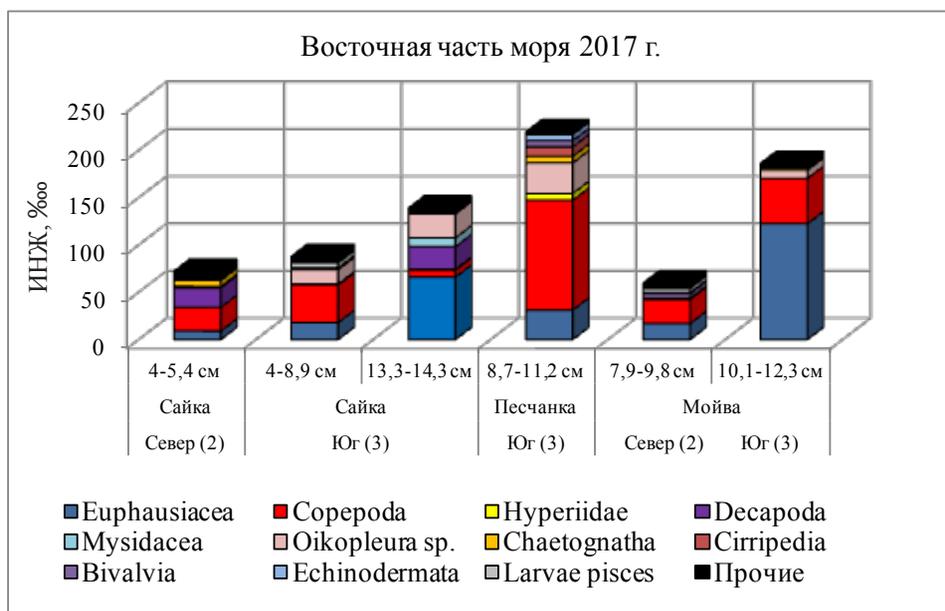


Рис. 3. Состав пищи и наполнение желудков сеголеток сайки, песчанки и мойвы в восточной части (районы 2, 3) Чукотского моря в августе-сентябре 2017 г.

Fig. 3. Diet composition (% by weight) and average index of stomach fullness (‰) for juveniles of arctic cod, sand lance, and capelin in the eastern Chukchi Sea in August-September 2017

Состав пищи минтая, мойвы и сельди в восточной части Чукотского моря в сентябре 2019 г.

Table 4

Diet composition of walleye pollock, capelin and herring in the eastern Chukchi Sea in September 2019

Компонент пищи	Минтай		Мойва		Сельдь	
	Юг (3)		Север (2)	Юг (3)	Юг (3)	
	3–7 см	50–71 см	9,0–13,5 см	9,0–12,4 см	7–13 см	13–20 см
<i>Calanus glacialis/marshallae</i>	12,5	–	–	0,4	2,3	4,3
<i>Pseudocalanus</i> spp.	25,7	–	–	0,7	5,3	0,7
<i>Eucalanus bungii</i>	5,2	–	–	5,7	0,5	0,8
<i>Epilabidocera amphitrites</i>	9,7	–	–	–	9,1	2,9
<i>Centropages abdominalis</i>	2,3	–	–	–	2,5	0,7
<i>Tortanus discaudatus</i>	3,7	–	–	–	3,3	–
Прочие копеподы (2–6 видов)	2,3	–	–	–	0,1	0,8
<i>Thysanoessa inermis</i>	2,4	8,0	20,0	65,0	–	9,7
<i>Thysanoessa raschii</i>	4,2	8,2	17,5	18,6	7,5	11,8
<i>Thysanoessa</i> juv.	4,4	–	47,5	–	–	12,8
<i>Themisto pacifica</i>	0,8	–	–	9,3	–	2,1
<i>Sagitta elegans</i>	10,8	–	–	0,4	5,0	5,7
Mysidacea	2,5	–	–	–	0,7	2,1
<i>Oikopleura</i> sp.	7,8	–	–	–	61,8	33,1
<i>Limacina helicina</i>	2,6	–	–	–	1,1	10,0
Decapoda juv.	2,0	0,7	–	–	0,7	–
Прочие	1,1	4,8	15,0	–	–	–
<i>Gagus chalcogrammus</i>	–	9,6	–	–	–	–
<i>Lycodes</i> sp.	–	65,8	–	–	–	–
Прочие рыбы, juv.	–	2,9	–	–	–	2,8
Ср. ИНЖ, ‰	107,3	410,4	207,9	146,8	146,6	101,0
Ср. масса, г	2,4	2004,0	11,6	7,6	12,5	36,1
Ср. длина, см	6,2	62,0	12,1	10,9	11,3	15,0
Кол-во желудков	504	11	20	20	30	25
Кол-во проб	17	3	2	2	3	3

Кроме того, в 2019 г. в юго-восточном районе в уловах поверхностного трала были отмечены сеголетки горбуши, кеты, кижуча и чавычи. У сеголеток кеты желудки были большей частью пустыми, отмечена переваренная пища, или кишечнополостные, или ойкоплевры. Сеголетки горбуши питались весьма интенсивно, ИНЖ составил 116 ‰. Доминировали в рационе эвфаузииды, крылоногие моллюски, ойкоплевры, а также личинки песчанки. Молодь кижуча активно потребляла рыб, в основном мойву, а чавыча — песчанку, также у нее единично были отмечены мегалопа крабов. ИНЖ составил у кижуча 399 ‰, у чавычи 119 ‰. Ранее значительное количество лососей было отмечено в 2007 г., который оказался самым теплым для восточного региона Арктики на фоне происходящего с начала 2000-х гг. потепления. Основу рациона сеголеток лососей составляли доминирующие в крупном планктоне эвфаузииды (*Thysanoessa raschii*) [Волков, Murphy, 2007]. Здесь, как и в южной части Берингова пролива, преобладающей водной массой была берингоморская, с высокой биомассой зоопланктона. Обилие крупного планктона обеспечивали виды, характерные для берингоморской водной массы: крупные копеподы (*Eucalanus bungii*, *C. glacialis/marshallae*) и эвфаузииды (*Th. raschii*) [Волков, Murphy, 2007; Moss et al., 2009; Eisner et al., 2013; Gann et al., 2013; Слабинский, Фигуркин, 2014].

В юго-западной части Чукотского моря в период рыбохозяйственных исследований, которые проводились ТИНРО в 2003, 2007–2008 и 2010 гг., основу ихтиомассы

Таблица 5
Состав пищи мойвы и сельди в западной части Чукотского моря в августе 2019 г.
Table 5
Diet composition of capelin and herring in the western Chukchi Sea in August 2019

Компонент пищи	Мойва		Сельдь		
	10–15 см	15–20 см	10–15 см	15–20 см	25–30 см
<i>Calanus glacialis</i>	22,5	3,0	24,5	6,0	6,9
<i>Neocalanus plumchrus+flemengeri</i>	34,0	7,1	20,0	14,0	20,1
<i>Eucalanus bungii</i>	5,0	5,7	4,1	8,9	5,8
<i>Metridia longa</i>	14,7	0,1	7,1	0,2	0,8
<i>Metridia pacifica</i>	10,0	0,1	2,9	0,8	0,9
<i>Pseudocalanus minutus</i>	1,7	1,3	8,6	0,1	0,4
<i>Thysanoessa inermis</i>	2,2	35,2	12,9	20,0	21,6
<i>Thysanoessa raschii</i>	5,9	40,1	14,3	10,0	25,0
<i>Themisto libellula</i>	0,3	2,7	2,9	10,0	14,3
<i>Sagitta elegans</i>	1,2	–	2,9	–	0,4
Mysidacea	0,3	0,7	–	–	0,8
<i>Chionocetes opilio</i> (larv.)	–	4,0	–	30,0	–
<i>Oikopleura</i> sp.	2,2	–	–	–	–
<i>Beroe cucumis</i>	–	–	–	–	3,0
Ср. ИНЖ, ‰	210,4	365,9	87,0	65,6	21,8
Ср. масса, г	8,00	20,50	16,10	32,00	193,50
Ср. длина, мм	115	160	124	15,1	251
Кол-во проб	3	2	2	1	2
Кол-во желудков	7	2	6	1	7

Таблица 6
Состав пищи песчанки в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г.

Table 6
Diet composition of sand lance in the Chukchi Sea in August-September 2019

Западная часть моря (1)		Северо-восточная часть моря (2)		Юго-восточная часть моря (3)		
Компонент пищи	5–7 см	Компонент пищи	5–11 см	Компонент пищи	7–13 см	10–15 см
<i>Calanus glacialis</i>	65,5	<i>Calanus glacialis</i>	18,1	<i>Calanus glacialis/marshallae</i>	1,2	7,4
<i>Pseudocalanus</i> spp.	3,5	<i>Pseudocalanus</i> spp.	21,2	<i>Pseudocalanus</i> spp.	33,8	15,1
<i>N.plumchrus+flemengeri</i>	5,8	<i>Oithona similis</i>	6,2	<i>Epilabidocera amphitrites</i>	4,2	1,6
Прочие копеподы (3)	5,7	Прочие копеподы (13)	4,6	Прочие копеподы (5)	5,7	4,9
<i>Oikopleura vanh.</i>	0,5	<i>Oikopleura</i> sp.	31,2	<i>Oikopleura</i> sp.	50,2	39,5
Euphausiacea	13,6			<i>Thysanoessa raschii</i>		27,9
<i>Chionocetes opilio</i> (juv.)	1,5	Bivalvia	9,3	<i>Limacina helicina</i>	2,7	1,7
Прочие	3,9	Прочие	9,3	Прочие	2,3	1,9
Ср. ИНЖ, ‰	42,3	Ср. ИНЖ, ‰	46,5	Ср. ИНЖ, ‰	131,1	349,6
Ср. масса рыб, г	1,3	Ср. масса, г	1,1	Ср. масса, г	4,40	7,58
Ср. длина, мм	6,8	Ср. длина, см	7,0	Ср. длина, см	10,7	12,9
Кол-во желудков	5	Кол-во желудков	14	Кол-во желудков	30	40
Кол-во проб	2	Кол-во проб	569	Кол-во проб	3	4

традиционно составляла сайка. Согласно полученным материалам рацион сайки в основном составляли группы зоопланктона крупной фракции — копеподы и эвфаузииды [Чучукало, 2006; Кузнецова, Слабинский, 2007; Ефимкин, 2013] (рис. 4).

Так, в 2003, 2007–2008 и 2010 гг. эвфаузииды и копеподы составляли основной рацион сайки. В 2003 г. акватория района работ занята прибрежными водами Восточно-

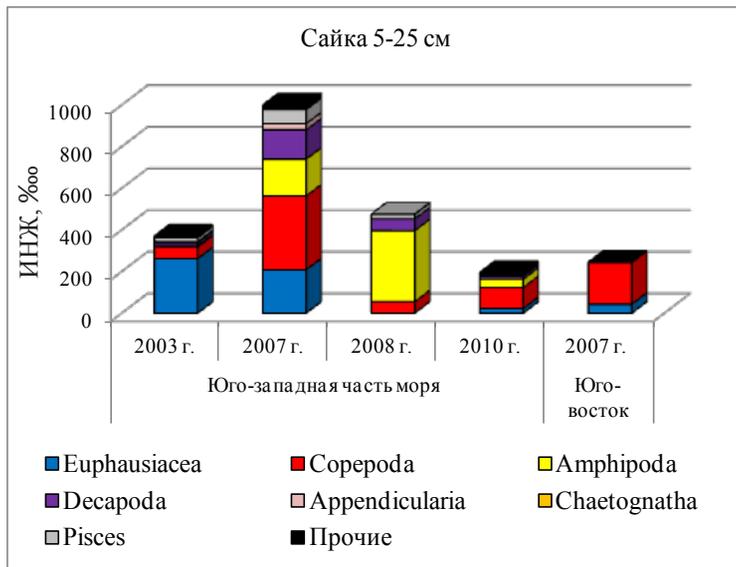


Рис. 4. Состав пищи и наполнение желудков сайки в юго-западном и юго-восточном районах Чукотского моря в августе-сентябре 2003, 2007–2008 и 2010 гг.

Fig. 4. Diet composition (% by weight) and average index of stomach fullness (‰) for arctic cod in the southwestern and southeastern Chukchi Sea in August-September of 2003, 2007–2008 and 2010

Сибирского моря, в рационах сайки доминировали копепоы *C. glacialis* и *Pseudocalanus* spp. и эвфаузииды *Thysanoessa inermis* или *Th. raschii*. В 2007–2008 и 2010 гг. наряду с *C. glacialis* преобладающими в пище сайки были виды берингоморского комплекса: копепоы *Neocalanus flemingeri*/*N. plumchrus*, *N. cristatus*, *Metridia pacifica*, а также эвфаузииды.

В 2007 г., который был самым теплым из этих лет, интенсивность питания сайки была очень высокой, особенно у сеголеток (8,2–9,2 см), ИНЖ достигали 1316 ‰ [Кузнецова, Слабинский, 2007]. Здесь предпочитаемыми кормовыми объектами были копепоы (*N. cristatus*), эвфаузииды (*Th. inermis*), гиперииды (*Themisto libellula*) и молодь креветок и крабов.

В юго-восточной части Чукотского моря в районе с координатами 70–66° с.ш. (это район южного полигона в сентябре 2019 г.) сайки было мало, наибольшие скопления ее наблюдались ближе к центральной части Чукотского моря, в аляскинской прибрежной водной массе, которая характеризовалась среднеразмерным и мелким зоопланктоном, преобладали копепоы (*C. abdominalis*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus* sp.) [Eisner et al., 2013]. Эти же виды составляли основу рациона сайки 7,3–7,7 см; *C. abdominalis* (97–70 %), копепоы р. *Pseudocalanus* и молодь эвфаузиид *Th. raschii* до 10,0 см, ИНЖ составили 194–262 ‰ [Волков, Murphy, 2007].

Согласно исследованиям, проведенным в 2018 г., плотность всех рыб увеличилась почти в 4 раза по сравнению с 2010 г. и достигла 1,99 т/км². Основной причиной этого являлась возросшая биомасса минтая, который в предыдущих съемках фиксировался лишь в единичных экземплярах. Отмечено, что запасы сайки находились на стабильном уровне и составили 0,57 т/км² в 2018 г., 0,44 т/км² в 2010 г. [Борилко, 2018]*. Ихтиомасса северного участка на 97 % определялась одним видом — сайкой, на южном участке доминирующим видом был минтай.

Сравнивая результаты, полученные в августе-сентябре 2019 г. (см. рис. 2), с предыдущим годом (рис. 5), видим, что в оба года рацион сайки составляли копепо-

* Борилко О.Ю. О результатах экспедиции в Чукотское море НИС «ТИНРО» 31 августа — 10 сентября 2018 г. : рейс. отчет / ТИНРО. № 28249. Владивосток, 2018. 140 с.

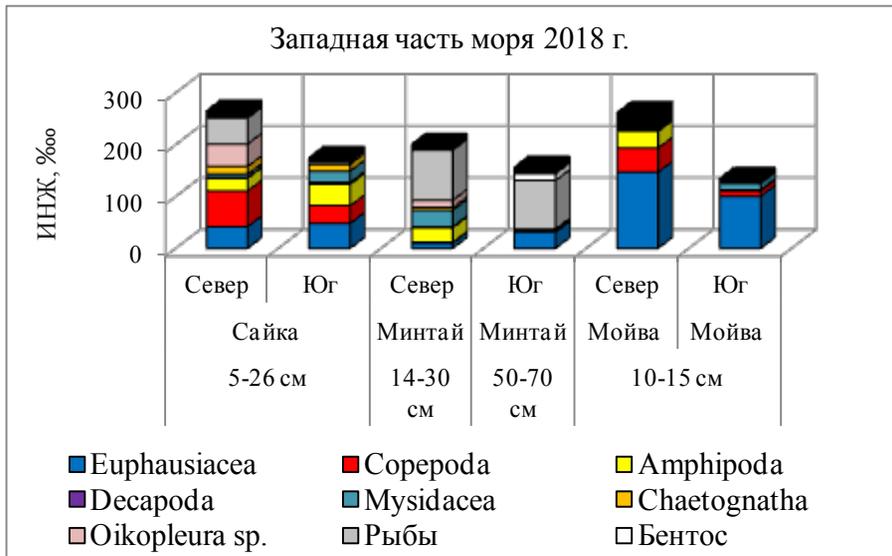


Рис. 5. Состав пищи и наполнение желудков сайки, минтая и мойвы в западном районе Чукотского моря в сентябре 2018 г.

Fig. 5. Diet composition (% by weight) and average index of stomach fullness (‰) for arctic cod, walleye pollock and capelin in the western Chukchi Sea in September 2018

ды, эвфаузииды и гиперииды (51–71 %). В северную часть западного района в 2018 г. поступали сравнительно теплые атлантические воды, вероятно, поэтому в питании сайки доминировали копеподы *N. flemingeri*/*N. plumchrus*, *M. pacifica* и *N. cristatus*, у сеголеток — *Pseudocalanus* spp., а *C. glacialis* встречался, но в небольших количествах. Гиперииды *Themisto pacifica* повсеместно были отмечены в пище рыб, *T. libellula* — на севере западного района. Молодь рыб, в том числе и собственная, занимала около 19 % массы пищи в северном районе. В питании годовиков (14–30 см) на севере района 1 и крупного минтая (50–70 см) на юге района 1 доминировали рыбы (51–60 %), кроме того, мизиды и гиперииды у годовиков и сипункулиды (13 %) у крупных рыб. Значение эвфаузиид в рационах минтая несколько меньше (5–20 %), а количество копепод — не более 2 %. Интенсивность питания рыб была высокой, средние ИНЖ у сайки составляли 265,3–175,0‰, у минтая — 189,7–156,7‰, у мойвы — 226,8–134,8‰. В питании мойвы доминировали эвфаузииды (рис. 5).

Таким образом, состав пищи и накормленность рыб в разных районах и в разные годы отражают региональные особенности кормовой базы вследствие различий по площади распространения и по объему тех или иных водных масс в период проведения исследований, а также гидрологических условий. Тем не менее основными пищевыми компонентами были копеподы и эвфаузииды, причем соотношение этих компонентов менялось, но оставалось постоянным их преобладание. На севере Чукотского моря (р-ны 1, 2) доминировали виды арктического и арктическо-бореального комплекса: повсеместно *C. glacialis*, в северо-западном районе в зоне поступления вод Восточно-Сибирского моря — *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus*, последний также в пище сеголеток сайки в северо-восточном районе. Кроме того, в питании сеголеток сайки, минтая и песчанки значительным было содержание мелких копепод р. *Pseudocalanus*. Из эвфаузиид доминировали повсеместно *Th. inermis* или *Th. raschii*. Из гипериид в западной части моря встречались в питании *T. pacifica*, *T. libellula*, а *Themisto abyssorum* — только на севере района 1. В южной части Чукотского моря наряду с *C. glacialis* или *C. glacialis/marshallae* доминировали беринговоморские виды: *N. plumchrus/flemingeri*, *N. cristatus*, *M. pacifica* и *E. bungii*, в восточной части моря — также виды, характерные для аляскинской прибрежной водной массы: *Epilabidocera amphitrites*, *C. abdominalis*,

Tortanus discaudatus. В рационах заметным было количество донных и придонных видов и мелкого нектона

В 2019 г. в западной части моря среди пелагических рыб по биомассе доминировали минтай (2,24 т/км²) и сайка (0,49 т/км²)*. В связи с тем что в разные годы были обследованы разные площади, нами использовались значения плотности (т/км²). Влияние минтая и сайки на биоту исследованной акватории в августе 2019 г., представленное в виде расчета потребления ими кормовых объектов, показывает, что за сутки они потребляли 12,24 т кормовых объектов, среди которых преобладали планктонные компоненты (6 т/км², почти 50 % суммарного рациона), причем на эвфаузиид приходилось 26 %, копепод — 12, гипериид — 6, кроме того, на придонные и бентосные виды — 17 (креветки — 10 %) и рыб — 34 % (сеголетки сайки — 22 %) (табл. 7).

Таблица 7

Суточное потребление пищи минтаем и сайкой в западной части Чукотского моря летом 2019 г.

Table 7

Daily food consumption by walleye pollock and arctic cod in the western Chukchi Sea in summer 2019

Компонент пищи	Минтай		Сайка	Минтай		Сайка	Всего	
	5–25 см	40–70 см	5–25 см	5–25 см	40–70 см	5–25 см	т/км ²	%
	%			т/км ²				
Copepoda	28,4	2,9	33,0	0,0030	0,246	1,27	1,52	12,4
Euphausiacea	29,6	31,1	15,3	0,0030	2,605	0,59	3,20	26,1
Hyperiididae	7,9	0,2	18,6	0,0010	0,015	0,72	0,73	6,0
Oikopleura sp.	22,0	–	5,6	0,0020	–	0,22	0,22	1,8
Ch. opilio (megalopa)	–	1,4	1,3	–	0,117	0,05	0,17	1,4
Chaetognatha	0,8	0,1	1,4	0,0001	0,008	0,05	0,06	0,5
Coelenterata	8,6	0,2	1,9	0,0013	0,015	0,07	0,09	0,7
Pteropoda	–	–	0,3	–	–	0,01	0,01	0,1
Прочие	–	–	0,3	–	–	0,02	0,02	0,1
Всего планктон	97,3	35,9	77,7	0,0100	3,010	3,00	6,02	49,1
Caridea	–	11,9	5,5	–	1,00	0,21	1,21	9,9
Mysidacea	2,9	0,1	5,0	0,0003	0,01	0,19	0,20	1,6
Gammaridea	–	0,5	8,0	–	0,04	0,31	0,35	2,8
Cumacea	–	–	0,1	–	–	0,01	0,01	0,04
Bivalvia	–	0,5	–	–	0,05	–	0,05	0,4
Gastropoda	–	0,3	–	–	0,03	–	0,03	0,2
<i>Echiurus echiurus</i>	–	1,1	–	–	0,09	–	0,09	0,7
Polychaeta (дон.)	–	1,4	–	–	0,12	–	0,12	1,1
Всего донные и придонные виды	2,9	15,8	18,6	0	1,3	0,7	2,0	16,7
Pisces, в том числе	–	48,3	3,7	–	4,05	0,14	4,2	34,2
сайка	–	31,5	1,5	–	2,64	0,06	2,7	22
Выедание, т/ км ²	100	100	100	0,01	8,38	3,85	12,24	100
Биомасса рыб, т/км ²	–	–	–	0,0014	2,2400	0,4900	–	–
Средний СПР, %	–	–	–	6,20	3,70	7,86	–	–

Среди сайки (5–25 см) и сеголеток и годовиков минтая (5–25 см) основным потребителем была сайка — 3,0 т/км², минтай 5–25 см — всего 0,008 т/км². Более половины рациона сайки за сутки составляли копеподы — 1,27 т/км², гиперииды — 0,72, эвфаузииды — 0,59 и ойкоплевры — 0,22, донные и придонные виды — 0,70 и собственные

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

сеголетки — 0,06 т/км² (табл. 7). Минтай 5–25 см не оказывал отрицательного влияния на доминирующую по биомассе сайку 5–25 см, так как биомасса этой группы минтая невелика. Интенсивность питания сайки была высокой, 186–236 ‰, кроме самой крупной сайки 20–25 см — 71 ‰, которая в значительной мере восполняла свой рацион за счет собственных сеголеток. Накормленность сеголеток минтая была высокой, ИНЖ составлял 207 ‰. Но годовики минтая 10–25 см питались весьма слабо — ИНЖ составил 59 ‰, в их рационах увеличилась доля ойкоплевр, что привело к снижению их пищевого сходства с сайкой. Более половины кормовых организмов потреблял крупный минтай длиной 40–70 см — 8,38 т/км², на долю зоопланктона приходилось 3,01 т/км² (в основном эвфаузиид — 2,60 т/км²), рыб — 4,04 т/км² и донных и придонных видов — 1,30 т/км² (табл. 7).

Одним из показателей, применяемых для сравнительного анализа обеспеченности пищей планктоноядного нектона, является соотношение биомасс макропланктона и рациона его потребителей [Шунтов, 2016] (табл. 8).

Таблица 8
Соотношение биомассы кормового зоопланктона и его потребления рыбами в западной части Чукотского моря летом 2019 г.

Table 8
Ratio of forage zooplankton biomass and its daily consumption by fish (t/km²) in the western Chukchi Sea in summer 2019

Группа и вид зоопланктона	Запас планктона, т/км ²	Потребление, т/км ² за сутки		Соотношение запаса/потребления за сутки
		Минтай	Сайка	
Copepoda	15,70	0,250	1,270	10,4
Euphausiacea	5,60	2,610	0,590	1,8
Hyperiididae	1,0	0,020	0,720	1,4
<i>Oikopleura</i> sp.	0,20	0,002	0,220	1,1
<i>Ch. opilio</i> (megalopa)	0,20	0,120	0,050	0,9
Chaetognatha	24,20	0,010	0,050	395,0
Coelenterata	4,49	0,021	0,070	5720,0
Pteropoda	0,20	–	0,010	20,3
Прочие	1,40	–	0,020	559,0
Decapoda	0,40	1,0	0,210	0,3
Mysidacea	1,70	0,010	0,190	8,3
Gammaridea	0,10	0,040	0,310	0,4
Cumacea	0,01	–	0,005	2,0
Всего зоопланктон (крупная фракция)	55,20	4,080	3,710	7,0
Bivalvia	–	0,050	–	–
Gastropoda	–	0,030	–	–
<i>Echiurus echiurus</i>	–	0,090	–	–
Polychaeta (дон.)	–	0,110	–	–
Всего донные виды	–	0,280	–	–
Pisces, в том числе	–	4,040	0,140	–
сайка	–	2,640	0,060	–
Выедание за сутки, т/км ²	–	8,380	3,850	–

Сайкой и минтаем за сутки потреблялось 3,20 т/км² эвфаузиид, причем только минтаем 2,60 т/км², копепод — 1,52 т/км² (сайкой 1,27 т/км²) и гипериид — 0,74 т/км² (сайкой 0,72 т/км²). Потребление рыбами амфипод и эвфаузиид достигало почти 100 %. Обеспечение эвфаузидами едва ли выглядит благополучным, биомасса эвфаузиид составляла по данным планктонологических исследований 5,6 т/км². Однако не следует считать ситуацию с обеспечением пищей критической, поскольку минтай весьма пластичен в выборе кормовых объектов и способен легко переходить с одних на дру-

гие. Мелкоразмерный минтай (< 25 см) интенсивно потреблял копепод и ойкоплевр. А крупноразмерный, в свою очередь, находясь в придонном слое, питался гипериидами (*T. libellula*) и гаммаридами, а также креветками, эхиуридами, полихетами донными, моллюсками *Bivalvia* и *Gastropoda* и рыбами. У сайки основной рацион составляли копеподы, причем не только крупные, но и виды мелкой и средней фракций, на копепод приходилось почти 90 % биомассы, их запасы составляли 6,0 и 3,9 т/км². В отдельные сезоны нередко случаи утилизации значительной части биомассы некоторых видов и групп кормовых организмов [Дулепова, 2013]. Состав пищи сайки и минтая менялся по мере увеличения размеров рыб, при этом доля зоопланктона уменьшалась, что приводило к снижению пищевого сходства. Половину кормовых компонентов крупного минтая составляли рыбы (4,05 т/км²), причем на долю молоди сайки приходилось 65 %, собственной молоди — около 4 %. Высокие индексы наполнения желудков у сайки (186–229‰) и минтая (235–339‰) и СПР (7,4–9,4 и 3,4–4,7 %) свидетельствуют об их активном питании. В шельфовой зоне, где пища доступна для придонного минтая постоянно, он может питаться круглые сутки, там наблюдается до 4 пиков пищевой активности. Вследствие этого мы можем говорить о достаточной обеспеченности пищей в данный период. Кроме того, возможно, оцененная биомасса зоопланктона несколько занижена вследствие неоднородного распределения эвфаузиид и гипериид и недолова их сетью. На обеспеченность пищей влияет также концентрация во времени и пространстве скоплений рыб вследствие их миграционной активности. В летний период 2019 г. основные концентрации крупного минтая наблюдались в юго-западной части моря, где отмечалась и высокая плотность эвфаузиид.

По материалам трофологических исследований в 2003, 2007–2008 и 2010 гг. (по данным А.Я. Ефимкина [2013]), в годы высокой численности сайки в Чукотском море в 2003 г. (680 тыс. т на площади 46,74 тыс. км²) она выедала до 29 тыс. т пищевых объектов в день, т.е. 0,62 т/км². Кроме зоопланктона она потребляла рыб, креветок и гаммарид. Общий запас зоопланктона (1750 тыс. т) в 2,5 раза превышал общую биомассу сайки.

В Чукотском море в летне-осенний период в 2003, 2007 и 2008 гг. общая биомасса зоопланктона держалась приблизительно на одном уровне, соответственно 797; 661; 877 мг/м³, а в 2010 г. она увеличилась примерно в 3 раза, до 2348 мг/м³ [Слабинский, Фигуркин, 2014]. Общий запас зоопланктона в 2010 г. составлял 11100 тыс. т, что в 242,9 раза больше общего запаса сайки (45,7 тыс. т на площади 93,8 тыс. км²). В годы низкой численности у сайки практически существовал выбор в потреблении различных видов кормов [Ефимкин, 2013]. Как отмечено выше, в летний период 2019 г. основными потребителями зоопланктона были сайка и минтай 40–70 см, суточное потребление зоопланктона соответственно 3,85 и 8,38 т/км², что значительно выше, чем в 2003 г. — 0,62 т/км² для сайки (минтая не было). В 2019 г. общий запас зоопланктона в 7 раз превышал количество выедаемого зоопланктона (табл. 8), и в качестве резервной пищи оставались мало используемые кишечноротовые, сагитты и прочие виды планктона, донные и придонные виды, мелкий нектон. Высокая интенсивность питания как сайки, так и минтая свидетельствует о достаточной обеспеченности пищей в 2019 г.

В восточной части Чукотского моря в 2019 г. объемы суточного потребления кормовых организмов сеголетками сайки, минтая, песчанки и других рыб были рассчитаны на основе данных по рационам и по «сырым» уловам (предварительной численности и массы (кг)) [www.nprb.org/arctic-program/preminary-result] (табл. 9). Величины СПР по Берингову морю были взяты из монографии В.И. Чучукало [2006].

Объемы потребления составили за сутки 311 кг. Основными потребителями пищевых ресурсов были минтай, песчанка и сайка, имевшие наиболее высокую биомассу. Почти 80 % суммарного рациона сеголеток рыб слагали главным образом копеподы (50,5 %), эвфаузииды (12,0 %) и ойкоплевры (17,0 %), доля других видов зоопланктона и придонных видов и личинок рыб была в пределах 0,3–7,0 % (табл. 10). Попытка оценить трофические отношения, складывающиеся между потребителями в районах

Таблица 9

Средняя масса рыб на траление, общая биомасса рыб и СПР массовых рыб на шельфе в восточной части Чукотского моря

Table 9

Mean catch per unit effort, total stock, and daily food ration for mass fish species on the eastern Chukchi Sea shelf

Вид	Средняя длина, см	Среднеглуб. трал		Донный трал		Поверх. трал		Всего, кг	СПР*, %	Суточный рацион, кг
		Ср. улов, кг	Всего, кг	Ср. улов, кг	Всего, кг	Ср. улов, кг	Всего, кг			
Сайка	4,9	59,65	1372,0	2,043	53,12	–	–	1425,1	4,2	59,900
Минтай	6,2	55,30	940,1	0,615	5,54	0,076	0,684	946,3	13,5	127,800
Песчанка	7,6	38,20	841,1	–	–	0,217	1,953	843,0	13,1	110,400
Мойва	9,8	16,80	67,2	–	–	–	–	67,2	4,8	3,230
Сельдь	13,0	85,0	340,0	–	–	0,588	0,588	340,6	2,8	9,540
Горбуша	17,4	–	–	–	–	1,442	8,652	8,7	4,0	0,346
Кета	16,6	–	–	–	–	0,124	0,744	0,7	4,5	0,033
Чавыча	20,3	–	–	–	–	0,508	3,048	3,0	1,9	0,058
Кижуч	28,8	–	–	–	–	0,306	1,836	1,8	4,0	0,073

* В.И. Чучукало [2006].

Таблица 10

Потребление кормовых организмов сеголетками рыб на шельфе в восточной части Чукотского моря за сутки

Table 10

Daily consumption of prey by juvenile fish on the eastern Chukchi Sea shelf, kg

Компонент пищи	Сайка (2)	Песчанка		Минтай (3)	Сельдь (3)	Мойва (2, 3)	Всего	Доля, %
		Север (2)	Юг (3)					
Copepoda	25,07	42,70	9,05	78,32	1,64	0,11	156,88	50,48
Euphausiacea	12,56	–	4,03	15,63	1,88	2,95	37,05	11,92
Hyperiididae	1,12	–	0,08	1,36	0,09	0,15	2,80	0,90
Larvae Decapoda	5,90	–	–	1,31	0,04	–	7,25	2,33
Mysidacea	1,92	–	–	3,34	0,13	–	5,39	1,73
<i>Sagitta elegans</i>	7,82	–	0,12	13,46	0,51	0,01	21,91	7,05
<i>Oikopleura</i> sp.	0,66	26,59	11,15	9,87	4,65	–	52,93	17,03
<i>Limacina helicina</i>	–	–	0,54	3,09	0,49	–	4,11	1,32
Bivalvia	–	7,94	0,21	1,39	–	–	9,54	3,07
Бентос (Crustacea)	0,90	–	0,08	–	–	–	0,98	0,32
Прочие	0,98	7,92	0,04	–	–	0,01	8,96	2,88
Pisces juv.	2,90	–	–	–	0,12	–	3,02	0,97
Всего	59,85	85,14	25,30	127,75	9,54	3,23	310,81	100

совместного обитания и при питании одними и теми же кормовыми организмами, между сеголетками сайки и песчанки в северо-восточной части Чукотского моря и между сеголетками минтая и песчанки в юго-восточной представлена в табл. 11.

Высокий индекс пищевого сходства в паре сайка–песчанка и в паре минтай–песчанка (60 и 54 %) наблюдался в отношении двух видов копепоид, *C. glacialis* и *Pseudocalanus* spp. (26 и 25 %). Высокая степень сходства может свидетельствовать как об обилии кормовых организмов, так и о некоторой напряженности пищевых отношений. В результате произошло разделение пищевых спектров, на северо-востоке в паре сайка–песчанка сайка предпочитала копепоид и эвфаузиид, песчанка — копепоид и ойкоплевр, а на юго-востоке в паре минтай–песчанка: минтай — копепоид, а песчанка — копепоид и ойкоплевр. Но в северо-восточной части моря соотношение

Пищевые отношения между доминирующими видами в районах совместного обитания
в восточной части шельфа Чукотского моря

Food relations between dominant species in common habitats on the eastern Chukchi Sea shelf

Вид	Суточный рацион		Доля коп., %	Доля эфф., %	Доля ойкопл., %	ИПС, %	Запас коп.+эфф.+ойкопл., т/км ²	Соотношение запас/рацион
	Т/сут	Т/км ²						
<i>Северо-восточная часть моря</i>								
Сайка	0,0599	0,0095	42,6	20,7	1,1	60	12,1	528
Песчанка	0,0851	0,0134	50,1	2,4	31,2	–	–	–
<i>Юго-восточная часть моря</i>								
Минтай	0,128	0,0134	61,4	11,1	7,8	54	20,7	1285
Песчанка	0,025	0,0027	35,8	15,9	44,1	–	–	–

планктон–рацион было ниже, чем на юго-востоке, т.е. кормовых организмов было почти в 2 раза меньше. Накормленность рыб была средней у сайки (ИНЖ — 87,0‰), а у песчанки — низкой (ИНЖ — 46,5‰). В юго-восточной части моря соотношение планктон–рацион почти в 2 раза выше, это значит, что биомасса кормовых организмов покрывала пищевые потребности рыб. У доминирующих здесь по биомассе сеголеток минтая и песчанки наблюдалась высокая накормленность рыб, о чем свидетельствуют высокие ИНЖ как у сеголеток минтая (114,8‰), так и у песчанки (262,0‰). Это свидетельствует о достаточной обеспеченности пищей в южном районе и более низкой в северном (табл. 11).

Заключение

В летний период 2019 г. в Чукотском море основными пищевыми компонентами были копеподы и эвфаузииды, соотношение их изменялось, но оставалось постоянным их преобладание. Из копепод в пище повсеместно доминировали *C. glacialis*, в юго-восточном районе близкий вид *C. glacialis/marshallae*, у сеголеток — копеподы р. *Pseudocalanus*. Кроме того, в рационе были представлены в северной части западного района *C. finmarchicus*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*, в южной части моря — *N. plumchrus+flemengeri*, *N. cristatus*, *M. pacifica*, *E. bungii*, в юго-восточном районе также *E. amphitrites*, *C. abdominalis*. Из эвфаузиид доминировали *Th. inermis* и *Th. raschii*.

В западной части Чукотского моря основными потребителями пищевых ресурсов были сайка и минтай 40–70 см, за сутки 12,24 т/км², соответственно 3,85 и 8,38 т/км². У крупного минтая 40–70 см половину кормовых компонентов составляли рыбы (4,05 т/км²), на долю зоопланктона приходилось 3,01 т/км² (эвфаузиид — 2,60 т/км²). Запасы эвфаузиид составляли 5,6 т/км². У сайки количество эвфаузиид в пище было 0,59 т/км², ее основной рацион планктонных компонентов (3,0 т/км²) составляли копеподы (1,27 т/км²), причем не только крупные, но и виды мелкой и средней фракций, их запасы были оценены в 6,0 и 3,90 т/км². Общий запас зоопланктона (55,2 т/км²) в 7 раз превышал количество выедаемого зоопланктона, и в качестве резервной пищи оставались мало используемые кишечноротовые, сагитты и прочие виды планктона, а также донные и придонные виды и мелкий нектон. Высокая интенсивность питания, как сайки, так и минтая, СПР составляли 7,4–9,4 и 3,4–4,7 % массы тела, указывает на благоприятную кормовую базу, и мы можем говорить о достаточной обеспеченности пищей в 2019 г.

В восточной части моря почти 80 % суммарного рациона сеголеток минтая, сайки и песчанки слагали главным образом копеподы (50,5 %), эвфаузииды и ойкоплевры. В юго-восточном районе соотношение планктон–рацион было почти в 2 раза выше, чем в северо-восточном районе. Высокая интенсивность питания сеголеток минтая и песчанки (ИНЖ — 114,8 и 262,0‰) в юго-восточном районе, средняя и ниже у сай-

ки и песчанки в северо-восточном районе (ИНЖ — 87,0 и 46,5 ‰) свидетельствует о достаточной обеспеченности пищей в юго-восточном районе и более низкой — в северо-восточном.

Благодарности

Авторы глубоко признательны сотруднику ВНИРО И.В. Григорову и сотруднику Полярного отделения ВНИРО (ПИНРО) А.Н. Бензику, Л.М. Гостренко (ТИНРО), американским исследователям E.V. Farley и K. Ciecziel, а также членам экипажей НИС «Профессор Леванидов», «ТИНРО» и «Ocean Start», помогавшим и принимавшим участие в сборе проб по питанию рыб.

Финансирование работы

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.

Соблюдение этических стандартов

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

Список литературы

- Волков А.Ф.** Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию nekтона (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.
- Дулепова Е.П.** Использование кормовой базы nekтоном в периоды его высокой численности в Охотском море // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 146–163.
- Ефимкин А.Я.** Питание сайки *Boreogadus saida* в Беринговом и Чукотском морях // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 184–192.
- Кузнецова Н.А.** Новые данные о питании молоди рыб в восточной части Чукотского моря // Изв. ТИНРО. — 2018а. — Т. 194. — С. 139–152.
- Кузнецова Н.А.** Особенности состояния планктонного сообщества в Чукотском море в августе-сентябре 2017 г. // Изв. ТИНРО. — 2018б. — Т. 194. — С. 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. 282–291.
- 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.
- 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.
- Чучукало В.И.** Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 484 с.
- Шунтов В.П.** Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. — Т. 2. — 604 с.
- Юровицкий Ю.Г.** О питании синца (*Abramis balberus*) Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиол. — 1962. — Т. 2, вып. 2. — С. 350–360.
- 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.

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.

References

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 basseinovoii programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. No. 2 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2007, pp. 70–80.

Dulepova, E.P., Utilization of forage resources by nekton in periods of its high abundance in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 173, pp. 146–163.

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.

Kuznetsova, N.A., New data on the diet of juvenile fish in the eastern Chukchi Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 194, pp. 139–152. doi 10.26428/1606-9919-2018-194-139-152

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 basseinovoii programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. No. 2 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2007, pp. 282–291.

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., Tapygin, 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.*, 2019, vol. 178, pp. 206–220.

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

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.

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

Yurovitsky, Yu.G., About nutrition of blue bream (*Abramis balberus*) of Rybinsk reservoir, *Vopr. Ikhtiol.*, 1962, vol. 2, no. 2, pp. 350–360.

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., 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.

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.

Savin, A.B., *Sovremennoye sostoyaniye promyslovykh rybnykh resursov morey vostochnogo sektora Arktiki* (The current state of commercial fish resources in the seas of the eastern sector of the Arctic), Available from TINRO, 2019, Vladivostok, no. 28357.

Borilko, O.Yu., *Reysovyuy otchet "O rezul'tatakh ekspeditsii v Chukotskoye more NIS «TINRO» 31 avgusta — 10 sentyabrya 2018 g."* (Cruise report "On the results of the expedition to the Chukchi Sea of the R/V TINRO August 31 — September 10, 2018"), Available from TINRO, 2018, Vladivostok, no. 28249.

Boyko, M.I., Bezrukov, R.G., Voloshanskiy, N.O., Lukyanov, V.S., Gorbachev, V.V., and Danilov, A.V., *Reysovyuy otchet "Rezul'taty donnykh tralovykh issledovaniy v Okhotskom more na NIS "Dmitriy Peskov" v period s 19.06 po 05.10.2019 g."* (Cruise report "Results of bottom trawl studies in the Sea of Okhotsk onboard the R/V Dmitry Peskov in the period from 19.06 to 05.10.2019"), Available from KhabarovskNIRO, Khabarovsk, 2019, no. 1910.

Поступила в редакцию 21.09.2021 г.

После доработки 18.11.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.