Известия ТИНРО

2021 **Том 201, вып. 2**

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 574.583(265.51)

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

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫХ БЕРИНГОВА МОРЯ (ВИДОВОЙ СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОМАССА, ПРОДУКЦИЯ)

Планктон облавливался в слое 0–200 м (0–дно при глубине менее 200 м) сетями БСД (площадь входного отверстия 0,1 м^2, сито с ячеей 0,168 мм) в период 1986–2018 гг. В эпипелагиали Берингова моря щетинкочелюстные — самые многочисленные хищники в зоопланктоне, представлены 3 видами: *Parasagitta elegans*, *Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta maxima*. Chaetognatha имеют среднюю величину биомассы 215,7 мг/м^3, а их доля составляет 26,3 % от общей биомассы зоопланктона. Среднемноголетняя сезонная биомасса сагитт изменялась по морю от 105,9 мг/м^3 (зимой) до 311,8 мг/м^3 (осенью). В эпипелагиали Берингова моря абсолютно преобладает *P. elegans* (более 99 % по биомассе). Зимой она продуцирует 22,1 млн т, весной — 78,5, летом — 191,9, осенью — 130,3, а суммарно за год — 422,8 млн т сырой массы при среднегодовой биомассе 64,36 млн т.

Ключевые слова: Берингово море, щетинкочелюстные, распределение, биомасса, продукция, Chaetognatha, *Parasagitta elegans*.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-416-424.

Gorbatenko K.M. Main characteristics of arrowworms in the Bering Sea (species composition, distribution, biomass, production) // Izv. TINRO. — 2021. — Vol. 201, Iss. 2. — P. 416–424.

Zooplankton was sampled from the epipelagic layer (0–200 m) in the Bering Sea using Jedae net (mouth 0.1 m^2, mesh size 0.168 mm) in 1986–2018. Arrowworms were the most numerous predators, represented with 3 species: *Parasagitta elegans*, *Eukrohnia hamata*, and *Pseudosagitta maxima*. Their summary biomass was 215.7 mg/m^3, on average (26.3 % of the total zooplankton biomass), and varied seasonally from 105.9 mg/m^3 in winter to 311.8 mg/m^3 in autumn. *Parasagitta elegans* dominated absolutely (> 99 % WW). Mean stock of this species was 64.36 · 10^6 t; its seasonal yield was estimated as 22.1 · 10^6 t in winter, 78.5 · 10^6 t in spring, 191.9 · 10^6 t in summer, and 130.3 · 10^6 t in autumn, so its mean production was 422.8 · 10^6 t WW per year.

Key words: Bering Sea, arrowworm, zooplankton distribution, biomass, annual production, Chaetognatha, *Parasagitta elegans*.

Введение

Chaetognatha — морские хищники, гермафродиты, размножаются половым путем, откладывают свободно плавающие яйца, которые развиваются несколько дней. Молодь сагитт относится к личинкам, но они по габитусу очень похожи на взрослых [Касаткина, 1982; Парсонс и др., 1982]. Щетинкочелюстные играют большую роль в морских

** Горбатенко Константин Михайлович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: konstantin.gorbatenko@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.

экосистемах: они выедают в больших количествах веслоногих рачков [Sameoto, 1972; Szyper, 1978], иногда нападают на личинок рыб [Fraser, 1969] и сами служат пищей некоторым рыбам [Андриевская, 1970]. Основным объектом питания щетинкочелюстных считаются копеподы, а также все доступные по размеру гидробионты, кроме того, у них развит каннибализм [Раймонт, 1988; Terazaki, 1995; Максименков, 2003].

Основной целью настоящей статьи является описание распределения, особенностей биологии и оценки биомассы и продукции доминирующего в Беринговом море вида щетинкочелюстных *Parasagitta elegans*.

Материалы и методы

Настоящая работа выполнялась в рамках раздела экосистемных исследований биологических ресурсов дальневосточных морей тематического плана ТИНРО, а в ее основу положена информация, полученная при проведении комплексных макросъемок, выполненных в экспедициях в 1986–2018 гг. (всего 5279 станций).

Планктон облавливался в слое 0–200 м (0–дно при глубине менее 200 м) сетями БСД (площадь входного отверстия 0,1 м^2, сито с ячеей 0,168 мм) и обработан по единой методике, принятой в ТИНРО, с введением поправок на недолов [Волков, 2008]. Биомассу зоопланктона рассчитывали по стандартным сырым массам [Горбатенко, 2019]. В зависимости от размера Chaetognatha применялись поправки на недолов сетей: до 10 мм — 2, 10–20 мм — 5, более 20 мм — 10. При расчетах биомасс и продукции сагитт их биомасса в различных размерных фракциях суммировалась.

Для расчета соматической продукции сагитт были использованы осредненные данные по размерному и возрастному составу, биомассе и плотности концентраций видов в отдельные месяцы разных лет. Вычисления соматической продукции сагитт выполнялись по уравнению Бойсен-Иенсена [Boysen-Jensen, 1919]: $Pt = B_2 - B_1 + B_e$, где B_1 и B_2 — биомасса вида в начале и в конце периода наблюдения $t = t_2 - t_1$; B_e — убыль за счет выедания, естественной смертности и прижизненных потерь вещества. B_e вычисляли по формуле

$$B_e = N_1 - N_2 \frac{1}{2}\left(\frac{B_1}{N_1} + \frac{B_2}{N_2}\right),$$

где N_1 и N_2 — соответственно начальная и конечная численность за определенный период.

Расчеты P/B-коэффициентов для различных отрезков времени (суток, сезона, года) производились по отношению продукции к средней биомассе [Заика, 1983]. Все расчеты приводятся для слоя 200–0 м. Следует подчеркнуть, что метод, использованный для расчетов продукции сагитт, имеет ряд ограничений (применим в основном для оценки продукции моноцикличных видов с длительным периодом жизни и коротким периодом нереста, требует отбора проб в одном и том же месте через равные промежутки времени, мало подходит для объединенного массива данных для нескольких видов, не учитывает температуру, скорость роста, дыхание, питание и т.д.), поэтому дает лишь очень приближенную оценку продукции.

Горизонтальное распределение щетинкочелюстных было рассмотрено отдельно для зимне-весеннего и летне-осеннего периодов (рис. 1).

Результаты и их обсуждение

Полученные ранее среднегодовые значения биомассы зоопланктона без деления по сезонам и биотопам указывают на то, что сагитты в Беринговом море имели среднюю величину биомассы 215,7 мг/м^3 и, занимая 2 место, достигали 26,3 % от общей биомассы зоопланктона [Горбатенко, 2021б].

Среднемноголетние данные по сезонам в Беринговом море показали, что доля щетинкочелюстных в зоопланктоне составляла в различных биотопах от 11,8 до 47,5 % по биомассе, по всей акватории моря — от 15,3 весной и до 39,2 % осенью

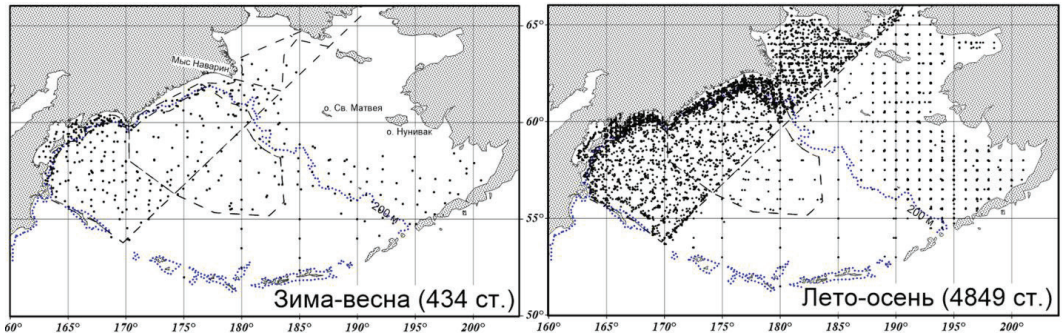

Рис. 1. Схема станций взятия проб планктона в Беринговом море в 1986–2018 гг. Выделены районы исследований [Горбатенко, 2021а]

Fig. 1. Scheme of zooplankton sampling in the Bering Sea in 1986–2018 [Gorbatenko, 2021]

(табл. 1). Среднемноголетняя сезонная биомасса сагитт изменялась по морю от 105,9 мг/м^3 зимой до 311,8 мг/м^3 осенью.

Таблица 1

Среднемноголетняя биомасса и доля Chaetognatha в эпипелагиали Берингова моря по сезонам в период 1986–2018 гг.

Table 1

Mean biomass of Chaetognatha in the epipelagic layer of the Bering Sea in 1986–2018, by seasons, and its portion in the total biomass of zooplankton

Показатель	Менее 200 м	Более 200 м	Вся акватория	Менее 200 м	Более 200 м	Вся акватория
Площадь, тыс. км^2	880	1188	2069	880	1188	2069
Слой, м	69	200	144	69	200	144
	Весна			**Лето**		
Биомасса, мг/м^3	312,3	155,9	187,8	248,6	259,5	257,2
Запас, млн т	19,0	37,0	56,0	15,1	61,7	76,8
Доля от биомассы зоопланктона, %	35,5	11,8	15,3	18,4	32,2	28,1
	Осень			**Зима**		
Биомасса, мг/м^3	363,5	298,5	311,8	87,6	110,5	105,9
Запас, млн т	22,1	70,9	93,0	5,3	26,3	31,6
Доля от биомассы зоопланктона, %	25,1	47,5	39,2	15,8	38,0	30,7

Примечание. ±SE не превышала 5 % от представленных биомасс.

Во всех районах максимальная биомасса *P. elegans* в эпипелагиали наблюдалась в летний и осенний сезоны, а минимальная — зимой (рис. 2). Низкая биомасса сагитт в зимний период связана с их сезонными миграциями в мезопелагиаль [Горбатенко, 1997].

Многолетние исследования Берингова моря начиная с 1986 г. показали, что сагитты в эпипелагиали Берингова моря являются самыми многочисленными хищниками в зоопланктоне и представлены 3 видами: *Parasagitta elegans*, *Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta maxima* (табл. 2). По всей акватории моря среди щетинкочелюстных абсолютно доминировала *P. elegans*, которая в большинстве районов Берингова моря постоянно входит в первую тройку доминирующих по биомассе видов (см. выше).

E. hamata в Беринговом море и северной части Тихого океана обитает в широком диапазоне глубин — от поверхности до 2000 м [Чиндонова, 1955], с максимальными концентрациями глубже 200 м. Приуроченность его к океаническим видам и почти полное отсутствие в шельфовых водах показано рядом исследователей [Bieri, 1959; Горбатенко, 1997]. По нашим данным в эпипелагиали Берингова моря *E. hamata* встречается штучно только в глубоководных районах в ночное время, а основные концентра-

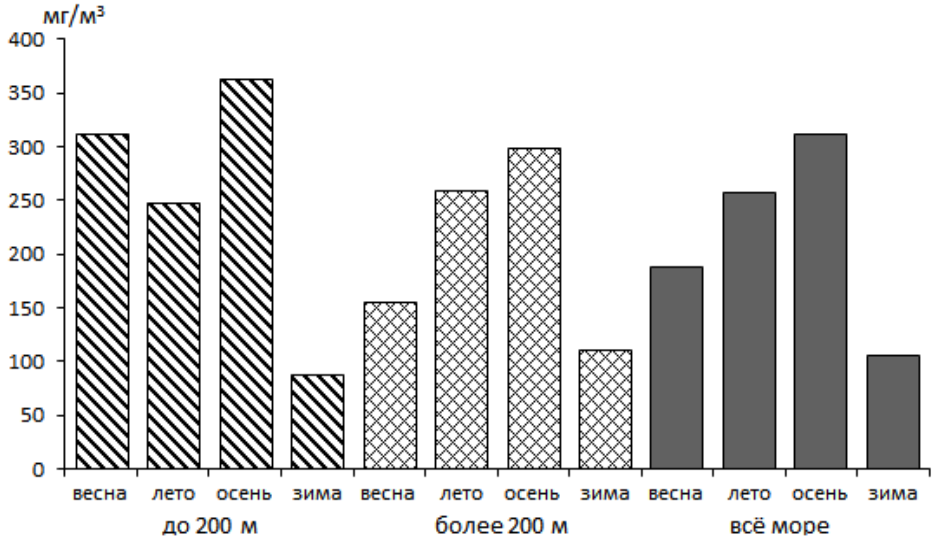

Рис. 2. Сезонные изменения средней величины биомассы сагитт в различных биотопах в эпипелагиали Берингова моря

Fig. 2. Seasonal variations of arrowworms biomass in certain biotopes in the epipelagic layer of the Bering Sea

Таблица 2

Средняя величина биомассы доминирующих видов сагитт в Беринговом море (1986–2018 гг.)

Table 2

Average biomass of the dominant Chaetognatha species in the Bering Sea (1986–2018)

Вид	Биомасса		Доля от биомассы сагитт, %
	Мг/м³	Млн т	
Parasagitta elegans	215,6550	64,3630	99,9960
Eukrohnia hamata	0,0047	0,0014	0,0022
Pseudosagitta maxima	0,0046	0,0014	0,0021
Всего	215,7	64,4	100

ции данного вида сосредоточены в мезопелагиали Берингова моря в диапазоне глубин 500–1000 м [Горбатенко, 2001]. *Ps. maxima* встречается штучно в южной глубоководной части моря в местах наиболее выраженного затока тихоокеанских вод.

По данным горизонтального распределения *P. elegans* в Беринговом море видно, что в зимне-весенний период наиболее плотные скопления располагались в восточной части моря, а в летне-осенний период повышенные концентрации находились в южной глубоководной части моря, в районе юго-восточного шельфа и на севере — в районе Берингова пролива (рис. 3).

Анализ сезонной динамики размерного состава *P. elegans* в Беринговом море показал, что нерест сагитт растянут с апреля по август, с пиком в апреле, что подтверждают данные размерного состава сагитт, полученные в субарктических Охотском и Беринговом морях (табл. 3).

Весной (апрель-май) *P. elegans* представлена особями размером от 3,0 до 38,0 мм. Основа популяции — половозрелые особи длиной более 20 мм. Большинство из них имели зрелые ооциты в яичнике [Горбатенко, 2019]. В июне-июле наблюдалось максимальное количество личинок размером менее 10 мм, которые по численности составляли 24,3 % (табл. 3). В сентябре — начале октября основой популяции стали подросшие личинки длиной 5–10 мм (более 8 мм) — 34,8 % — и молодь новой генерации 10–15 мм (среднее 14,1 мм) — 49,0 %, основное количество которых будет участвовать в нересте только в следующем году, когда им будет около 2 лет. Таким образом наши данные подтверж-

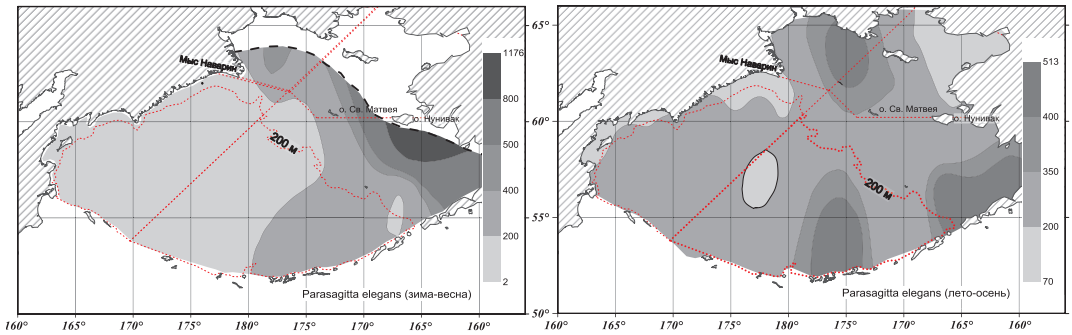

Рис. 3. Схема среднемноголетнего распределения *P. elegans* в эпипелагиали Берингова моря, мг/м^3. *Пунктир* — граница исследований

Fig. 3. Scheme of average distribution of *Parasagitta elegans* in the epipelagic layer of the Bering Sea, mg/m^3. The surveyed area is shown by *dotted line*

Таблица 3

Размерный состав *P. elegans* в субарктических водах в Беринговом и Охотском морях, % [по данным Горбатенко, 2009, 2016, 2019]

Table 3

Size composition of *P. elegans* in the subarctic waters in the Bering and Okhotsk Seas, % [on the data from Gorbatenko, 2009, 2016, 2019]

Размер сагитт, мм	Южная часть Охотского моря		Западная часть Берингова моря			
	Весна (апрель-май)		Лето (июнь-июль)		Осень (сентябрь-октябрь)	
	По численности	По биомассе	По численности	По биомассе	По численности	По биомассе
3,0–5,0	0,2	0,002	10,2	0,2	0,9	0,0
5,1–10,0	4,4	0,9	14,1	3,7	34,8	4,0
10,1–15,0	12,7	3,3	39,7	23,9	49,0	41,8
15,1–20,0	37,9	27,3	15,9	17,6	9,4	16,1
20,1–25,0	39,8	51,0	10,8	19,4	3,2	15,4
25,1–30,0	3,5	10,0	5,2	15,2	2,5	18,0
> 30,0	1,5	7,5	4,1	20,0	0,2	4,7

дают 2-летний жизненный цикл *P. elegans* и согласуются с заключениями большинства исследователей [Sameoto, 1973; Афанасьев, 1985]. В пробах также присутствовали личинки длиной менее 5 мм, это указывает, что нерест продолжался в течение лета.

Рост и накопление массы тела у молоди *P. elegans* происходили интенсивно — с июня по октябрь средние размеры увеличились с 4,1–6,5 до 8,0–11,3 мм, а масса тела — с 0,2–2,1 до 3,2–7,5 мг [Горбатенко, 2019]. По биомассе летом энергия равномерно распределялась по размерным группами сагитт более 10 мм, а осенью явно преобладали особи 10–15 мм, которые также доминировали по численности (табл. 3).

Среднемноголетняя валовая биомасса *P. elegans* в Беринговом море в эпипелагиали оценена зимой в 31,6 млн т, весной — 56,0, летом — 76,8, осенью — 93,0 млн т (табл. 4).

Таблица 4

Среднемноголетние данные (1986–2018 гг.) по биомассе (B) и продукции (P) *P. elegans* в эпипелагиали Берингова моря, млн т сырого вещества

Table 4

Average stock (B) and seasonal yield (P) of *P. elegans* in the epipelagic layer of the Bering Sea (1986–2018), 10^6 t WW

Зима			Весна			Лето			Осень			Год		
B	P	P/B	B	P	P/B	B	P	P/B	B	P	P/B	B	P	P/B
31,6	22,1	0,7	56,0	78,5	1,4	76,8	191,9	2,5	93,0	130,3	1,4	64,36	422,75	6,0

Данные продукционных показателей *P. elegans* в субарктических водах представлены в литературе [Sameoto, 1973; Заика, 1983; Welch et al., 1996]. Проведенные исследования по определению продукции продемонстрировали, что средняя удельная суточная продукция *P. elegans* в Беринговом море, как и в Охотском, была самой низкой по сравнению с другими массовыми видами зоопланктона [Дулепова, 2002; Горбатенко, 2018, 2019]. Расчеты показали, что *P. elegans* в Беринговом море зимой продуцирует 22,1 млн т, весной — 78,5, летом — 191,9, осенью — 130,3, а суммарно за год 422,5 млн т сырой массы при среднегодовой биомассе 64,36 млн т (табл. 3). В Охотском море за тот же период исследований средние годовые показатели биомассы (45 млн т сырой массы) и продукции (270 млн т) у *P. elegans* [Горбатенко, 2018] были в 1,5 раза ниже.

Известно, что основным кормом хищным сагиттам являются копеподы [Sameoto, 1972; Szyper, 1978; Горбатенко, 2018]. При сопоставлении данных продукции копепод в Беринговом и Охотском морях средняя величина их продуцированного вещества в Беринговом море (1378,6 млн т) меньше, чем в Охотском — 1645,7 млн т [Горбатенко, 2021б]. Таким образом, более высокие значения биомассы и продукции *P. elegans* и низкие копепод по сравнению с Охотским морем могут создавать более напряженные пищевые отношения «хищник–жертва» между сагиттами и копеподами в Беринговом море, более выраженные в отдельных районах в летний период (данные рейсовых отчетов ТИНРО). В дальнейшем данные могут быть использованы при построении трофодинамических моделей в Беринговом море.

Доля сагитт в питании нектона обычно невелика по сравнению с их долей в зоопланктоне. Однако сагитты часто встречаются в пище нектона, а при подавляющем преобладании в макропланктоне на отдельных участках акватории их доля в пище нектона заметно возрастает, поэтому в Беринговом море, как и в Охотском, эта группа планктона в трофическом отношении может рассматриваться как резервный корм нектона [Горбатенко, 1997, 2018; Шунтов, 2001; Волков, 2004].

Выводы

Chaetognatha в эпипелагиали Берингова моря являются самыми многочисленными хищниками в зоопланктоне и представлены 3 видами: *P. elegans*, *E. hamata*, *Ps. maxima*, среди которых абсолютно преобладает *P. elegans* (более 99 % по биомассе).

Сагитты в Беринговом море имеют среднюю величину биомассы 215,7 мг/м^3, их доля составляет 26,3 % от общей биомассы зоопланктона. Среднемноголетняя сезонная биомасса сагитт по морю изменяется от 105,9 мг/м^3 (зимой) до 311,8 мг/м^3 (осенью).

Доминирующий вид сагитт — *P. elegans* — в эпипелагиали Берингова моря зимой продуцирует 22,1 млн т, весной — 78,5, летом — 191,9, осенью — 130,3, а суммарно за год — 422,8 млн т сырой массы при среднегодовой биомассе 64,36 млн т.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность профессору В.П. Шунтову за ценные критические замечания, а также ведущему специалисту Н.Е. Кравченко за помощь в расчетах многолетних данных и оформлении данной работы.

Финансирование работы

Работа проведена в рамках государственного задания № 076-00005-20-02 ФГБНУ «ВНИРО» на 2020 г.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Информация обо всех пойманных

гидробионтах была включена в статью. Библиографические ссылки на все использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного издания.

Список литературы

Андриевская Л.Д. Питание молоди лососей в Охотском море // Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 78. — С. 105–115.

Афанасьев Н.Н. Макропланктон северной части Охотского моря : автореф. дис. … канд. биол. наук. — Владивосток, 1985. — 23 с.

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. Численность, биомасса и запас *Sagitta elegans* в Охотском море в весенний период // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 136. — С. 205–214.

Горбатенко К.М. Вертикальное распределение зоопланктона в северо-западной глубоководной части Берингова моря в весенний период // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 799–809.

Горбатенко К.М. Размерно-весовые характеристики зоопланктона Берингова моря в летний и осенний периоды // Бюл. № 14 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2019 — С. 253–271.

Горбатенко К.М. Распределение, биомасса, межгодовая динамика сагитт Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 184. — С. 168–177.

Горбатенко К.М. Сезонные изменения размерного состава массовых видов зоопланктона (эвфаузиид, гипериид, сагитт и крылоногих) Охотского моря и прилегающих вод // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 156. — С. 174–191.

Горбатенко К.М. Состав и структура планктонных сообществ Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2021а. — Т. 201, вып. 1. — С. 158–176.

Горбатенко К.М. Биомасса и продукция сетного зоопланктона Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2021б. — Т. 201, вып. 1. — С. 191–205.

Горбатенко К.М. Состав, структура и динамика планктона Охотского моря : автореф. дис. … канд. биол. наук. — Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1997. — 24 с.

Горбатенко К.М. Трофодинамика гидробионтов в Охотском море : автореф. дис. … д-ра биол. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — 47 с.

Дулепова Е.П. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 274 с.

Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов : моногр. — Киев : Наук. думка, 1983. — 206 с.

Касаткина А.П. Щетинкочелюстные морей СССР и сопредельных вод : моногр. — Л. : Наука, 1982. — 136 с.

Максименков В.В. Питание щетинкочелюстных *Parasagitta elegans* в заливе Корфа Берингова моря // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. — 2003. — Вып. 4. — С. 60–68.

Парсонс Т.Р., Такахаши М., Харгрейв Б. Биологическая океанография : пер. с англ. : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1982. — 432 с.

Раймонт Д. Планктон и продуктивность океана. Т. 2 : Зоопланктон : в 2-х частях. Ч. 2 : моногр. : пер. с англ. — М : Агропромиздат, 1988. — 356 с.

Чиндонова Ю.Г. Chaetognatha Курило-Камчатской впадины // Тр. ИОАН СССР. — 1955. — Т. 12. — С. 298–310.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

Bieri R. The distribution of the planktonic Chaetognatha in the pacific and their relationship to the waters masses // Limnology and Oceanography. — 1959. — Vol. 4, № 1. — P. 1–28. DOI: 10.4319/lo.1959.4.1.0001.

Boysen-Jensen P. Valuation of the Limfjord. I. Studies on the Fish-Food in the Limfjorg 1909–1917 // Rep. Danish Biol. St. — 1919. — Vol. 26. — P. 1–44.

Fraser J.H. Experimental feeding of some medusae and Chaetognatha // J. Fish. Res. Board Can. — 1969. — Vol. 26, № 7. — P. 1743–1762. DOI: 10.1139/f69-161.

Sameoto D.D. Annual life cycle and production of the Chaetognath *Sagitta elegans* in Bedford Basin, Nova Scotia // J. Fish. Res. Board Can. — 1973. — Vol. 30, № 3. — P. 333–344. DOI: 10.1139/f73-063.

Sameoto D.D. Yearly respiration rate and estimated energy budget for *Sagitta elegans* // J. Fish. Res. Board Can. — 1972. — Vol. 29, № 7. — P. 987–996. DOI: 10.1139/f72-143.

Szyper J.P. Feeding rate of the chaetognath *Sagitta enflata* in nature // Estuar. Coast. Mar. Sci. — 1978. — Vol. 7, № 6. — P. 567–575. DOI: 10.1016/0302-3524(78)90065-8.

Terazaki M. The role of carnivorous zooplankton, praticularly chaetognaths in ocean flux // Biogeochemical Processes and Ocean Flux in the Western Pacific. — Tokyo : Terra Sci. Publ. Co., 1995. — P. 319–330.

Welch H.E., Siferd T.D., Bruecker P. Population densities, growth and respiration of the chaetognath *Parasagitta elegans* in the Canadian high Arctic // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1996. — Vol. 53, № 3. — P. 520–577. DOI: 10.1139/f95-227.

References

Andrievskaya, L.D., The feeding of young Pacific salmon in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1970, vol. 78, pp. 105–115.

Afanasyev, N.N., Macroplankton of the northern part of the Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1985.

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., Biomass, number and size structure of *Sagitta elegans* in the Okhotsk Sea in spring, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 136, pp. 205–214.

Gorbatenko, K.M., Vertical distribution of zooplankton in the north-western deep part of Bering Sea in the spring period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, pp. 799–809.

Gorbatenko, K.M., Size and weight characteristics of zooplankton in the Bering Sea in summer and autumn, in *Byull. N 14 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 14 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2019, pp. 253–271.

Gorbatenko, K.M., Distribution, biomass, and year-to-year dynamics of *Sagitta* in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 184, pp. 168–177.

Gorbatenko, K.M., Seasonal changes in size of the mass zooplankton species (euphausiids, hyperiids, sagittas, and pteropods) in the Okhotsk Sea and adjacent waters, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2009, vol. 156, pp. 174–191.

Gorbatenko, K.M., Composition and structure of plankton communities in the Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, Iss. 1, pp. 158–176.

Gorbatenko, K.M., Biomass and production of net zooplankton in the Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, Iss. 1, pp. 191–205.

Gorbatenko, K.M., Composition, structure, and dynamics of plankton in the Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 1997.

Gorbatenko, K.M., Trophodynamics of aquatic organisms in the Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2018.

Dulepova, E.P., *Sravnitel'naya bioproduktivnost' makroekosistem dal'nevostochnykh morei* (Comparative Bioproductivity of Macroecosystems in Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.

Zaika, V.E., *Sravnitel'naya produktivnost' gidrobiontov* (Comparative Productivity of Aquatic Organisms), Kiev: Naukova Dumka, 1983.

Kasatkina, A.P., *Shchetinkochelyustnyye morey SSSR i sopredel'nykh vod* (Bristle-jaw of the seas of the USSR and adjacent waters), Leningrad: Nauka, 1982.

Maksimenkov, V.V., Feeding by chaetognaths *Parasagitta elegans* in the Korfa Bay, Bering Sea, *Tr. Kamchatskogo Fil. Tikhookean. Inst. Geogr. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad Nauk*, 2003, vol. 4, pp. 60–68.

Parsons, T.R., Takahashi, M., and Hargrave, B., *Biological oceanographic processes*, Oxford, 1973.

Raymond, D.E.G., *Plankton and productivity in the oceans, vol. 2: Zooplankton*, Pergamon press, 1983.

Chindonova, Yu.G., Chaetognatha of the Kuril-Kamchatka depression, *Tr. Inst. Okeanol. im. P. P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1955, vol. 12, pp. 298–310.

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001, vol. 1.

Bieri, R., The distribution of the planktonic Chaetognatha in the pacific and their relationship to the waters masses, *Limnology and Oceanography*, 1959, vol. 4, no. 1. pp. 1–28. doi 10.4319/lo.1959.4.1.0001

Boysen-Jensen, P., Valuation of the Limfjord. I Studies on the fish-food in the Limfjorg 1909–1917, *Rep. Danish Biol. Stn.*, 1919, vol. 26, pp. 1–44.

Fraser, J.H., Experimental feeding of some medusae and Chaetognatha, *J. Fish. Res. Board Can.*, 1969, vol. 26, no. 7, pp. 1743–1762. doi 10.1139/f69-161

Sameoto, D.D., Annual life cycle and production of the Chaetognath *Sagitta elegans* in Bedford Basin, Nova Scotia, *J. Fish. Res. Board Can.*, 1973, vol. 30, no. 3, pp. 333–344. doi 10.1139/f73-063

Sameoto, D.D., Yearly respiration rate and estimated energy budget for *Sagitta elegans* // J. Fish. Res. Board Can. — 1972. — Vol. 29, № 7. — P. 987–996. doi 10.1139/f72-143

Szyper, J.P., Feeding rate of the chaetognath *Sagitta enflata* in nature, *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 1978, vol. 7, no. 6, pp. 567–575. doi 10.1016/0302-3524(78)90065-8

Terazaki, M., The role of carnivorous zooplankton, praticularly chaetognaths in ocean flux, *Biogeochemical Processes and Ocean Flux in the Western Pacific*, Tokyo: Terra Sci. Publ. Co., 1995, pp. 319–330.

Welch, H.E., Siferd, T.D., and Bruecker, P., Population densities, growth and respiration of the chaetognath *Parasagitta elegans* in the Canadian high Arctic, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1996, vol. 53, no. 3, pp. 520–577. doi 10.1139/f95-227

Поступила в редакцию 1.02.2021 г.

После доработки 24.02.2021 г.

Принята к публикации 21.05.2021 г.