

УДК 595.384.2:591.5(268.55+268.56)

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОБЩИЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ КРАБА-СТРИГУНА ОПИЛИО (*CHIONOECETES OPILIO*) В ЧУКОТСКОМ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЯХ

© 2023 г. К. М. Горбатенко<sup>1, \*</sup>, С. И. Кияшко<sup>2</sup>, Т. Б. Морозов<sup>3</sup>, А. И. Глубоков<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский филиал ВНИРО, Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,  
Владивосток, Россия

<sup>3</sup>Камчатский филиал ВНИРО, Петропавловск-Камчатский, Россия

<sup>4</sup>ВНИРО, Москва, Россия

\*e-mail: gorbatenko@tinro.ru

Поступила в редакцию 16.08.2021 г.

После доработки 17.02.2022 г.

Принята к публикации 14.04.2022 г.

Исследования планктона и бентоса, включая крабов опилио, были проведены в летний период 2003–2020 гг. в юго-западной части Чукотского моря. На периферии ареала распространения *Chionoecetes opilio* в Чукотском море его количество было в 5–10 раз ниже, чем в центре, что связано с пределом толерантности вида в отношении гидрологических факторов и неблагоприятной кормовой базы. Скопления крабов *C. opilio* в северных районах Чукотского и Восточно-Сибирского морей характеризуются как зависимые от пополнения из южных районов Чукотского моря. Южные районы Чукотского моря являются своего рода инкубатором для развития и роста личинок и молоди краба-стригуна до 1–2 летнего возраста, откуда он мигрирует в северные глубоководные районы Чукотского моря и далее в северо-восточную часть Восточно-Сибирского моря.

**Ключевые слова:** восточный сектор Арктики, Чукотское море, Восточно-Сибирское море, планктон, бентос, краб-стригун опилио, личинки, ареал, распространение

**DOI:** 10.31857/S0030157423010033, **EDN:** ANWYYX

До настоящего времени моря российской части Арктического бассейна остаются малоизученными. Их водные биоресурсы в полной мере не исследованы и не освоены промыслом. В последние годы активность проведения научно-исследовательских работ в российской Арктике существенно возросла. В условиях быстро меняющегося климата Арктики, сопровождающегося заметным сокращением ее ледового покрова, оценка современного состояния среды обитания биоресурсов в этом регионе приобретает особую актуальность. Исследования последних лет, направленные на оценку биологических ресурсов, состояния запасов промысловых объектов и условий их обитания говорят о неоднозначном влиянии потепления в арктическом бассейне на его обитателей [9, 23].

Чукотское море является окраинным морем Северного Ледовитого океана, и на его акватории обитают представители как арктической, так и бореальной фаун [1]. Предыдущие исследования [20] показали, что биомасса, продукция и видовой состав гидробионтов в юго-западной части Чукотского моря зависят от объема и площади

распространения поступающих через Берингов пролив берингоморских вод с одной стороны и проникновения вод Восточно-Сибирского моря с другой (рис. 1). Проникновение берингоморских вод, как более продуктивных, обогащает фауну и улучшает кормовые условия в южной части Чукотского моря [16].

В Арктике встречается целый ряд широко распространенных видов гидробионтов, имеющих промысловое значение. Одни из самых распространенных эпибентосных организмов в арктических морях — различные виды ракообразных. Наиболее массовым и широко распространенным видом бентосных организмов в Чукотском море является краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* [9]. О существовании стригуна опилио в Чукотском море известно давно [2]. Крабы-стригуны в Чукотском море имеют меньшие размеры по сравнению с особями, обитающими в Охотском, Беринговом и Японском морях, и низкий темп роста, что обусловлено суровым термическим режимом вод [18]. Крабы — одни из главных хищников в донном сообществе, они вносят существенный вклад в общий оборот энергии бентоса,

обеспечивают кормовую базу для более высоких трофических уровней, а также являются кормом для демерсальных видов рыб и морских млекопитающих [5, 8, 21].

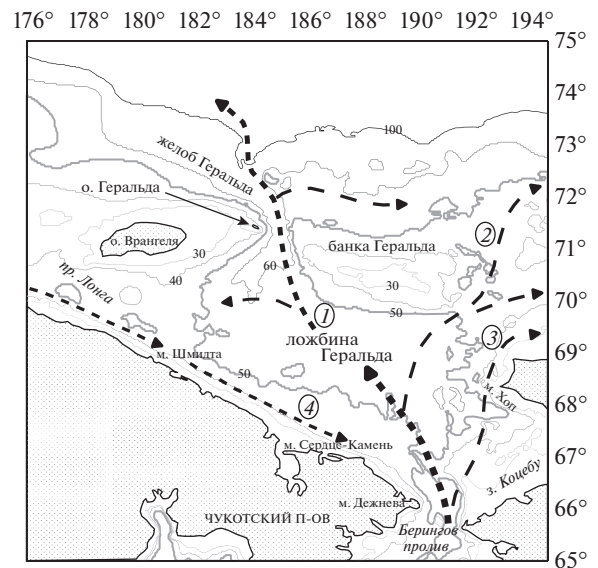
Цель настоящего исследования — получение количественных характеристик и установление особенностей пространственного распределения личинок *Chionoecetes opilio* в пелагиали и взрослых особей на дне Чукотского моря в современных климато-океанологических условиях; определение возможного расширения ареала и увеличения биомассы краба в Чукотском море и прилегающих водах Восточно-Сибирского моря; определение трофического статуса краба *Chionoecetes opilio* в местах его распространения на основе анализа изотопных характеристик массовых представителей беспозвоночных в бентосных сообществах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Личинки крабов облавливались в пелагиали сетью БСД (капроновое сито с ячейей 0.150 мм, площадь входного отверстия 0.1 м<sup>2</sup>) в слое 0—дно, так как глубина была менее 100 м. Скорость подъема сети составляла 1—1.2 м/сек. Численность личинок крабов опилио (стадия презоза, две стадии зоэа и одна мегалопа) подсчитывалась в камере Богорова, тотально. Следует отметить, что в уловах встречался краб-паук (менее 5%), у которого личинки сложно отличимы от личинок краба опилио, поэтому возможно присутствие в уловах незначительного количества других видов крабов. Исследования в пелагиали Чукотского моря в летний период (август — первая декада сентября) проводились с 2003 по 2020 гг. Ранее, в 2003—2010 гг., гидробиологические исследования проводились в южной части Чукотского моря, т.к. только южные районы полностью очищались ото льда. Гидрологической особенностью последних лет было отсутствие льда в Чукотском море в летние месяцы. Впервые во время экспедиций в 2012—2013 гг. было отмечено отсутствие летнего льда севернее 72°30' с.ш. [35]. В 2017 г. планктонные исследования проводились в южных и северных районах восточной части моря, а в августе 2019 г. впервые по всей акватории моря. Летом 2020 г. в Чукотском море исследования проводились только в его южной шельфовой части, за пределами 12-мильной зоны.

Донные траловые съемки были проведены только в западной части Чукотского моря в августе — первой декаде сентября в 2010—2020 гг. За 10-летний период было проведено 5 донных съемок в юго-западной и 2 съемки (2018 и 2019 гг.) в северо-западных частях Чукотского моря.

Анализ макробентоса из донных траловых уловов выполняли непосредственно в море. Сбор и первичную обработку материала осуществляли по стандартной методике [7]. Биологический ана-



**Рис. 1.** Чукотское море: основные географические названия и схема течений: 1 — течение желоба Геральда, 2 — течение желоба Центральный, 3 — прибрежное Аляскинское, 4 — прибрежное Сибирское течение, по [38]; изобаты 30, 40, 50, 60 и 100 м.

лиз крабов включал сортировку крабов по полу и количественный учет в каждом тралении. Промеры проводили по наибольшей ширине карапаса (ШК) без учета боковых шипов с точностью до 1 мм. Орудием лова при выполнении донных траловых съемок ТИНРО в дальневосточных морях является трал 27.1/24.4 со вставкой в мешке из дели с шагом ячей 10 мм и кабелями по 25 м с мягким (полужестким) грунтопом (поводцы 15 см) с горизонтальным раскрытием около 16.2 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Личинки краба.** Личинки краба ведут планктонный образ жизни, питаются науплиями копепод [34]. Продолжительность планктонной стадии зависит от температуры [6, 31] и оценивается в 3—8 месяцев [31]. Краб-стригун довольно чувствителен к солености и температуре, несмотря на это личинки и молодь способны пережить резкие, но кратковременные перепады данных факторов среды [24]. В экспериментах Ямамото и др. [40] показали, что личинки стригуна имеют наибольшую выживаемость при температуре воды от 5 до 14°C (минимальная предельная температура —2.24°C).

В период наших исследований в Чукотском море температура воды в пелагиали изменялась от 3.5 до 10.4 °C, т.е. находилась в пределах толерантности вида, за исключением северо-западных участков. Поскольку личинки краба стригуна обитают в толще воды, и их развитие зависит от продуктивности планктонного сообщества в течение нескольких месяцев, продолжительность

**Таблица 1.** Плотность и биомасса личинок краба–стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Чукотском море в 2003–2020 гг.

Район	Россия, южнее 71° с.ш., западнее 169° з.д.						Россия, севернее 71° с.ш., западнее 169° з.д.
	2003	2007	2008	2010	2019	2020	2019
Обследованная площадь, км <sup>2</sup>	46.7	140.4	93.8	104.5	116.2	75.9	113.0
Средний слой, м	47	47	46	50	48	50	121
Количество станций	18	38	25	37	32	31	16
Средняя плотность, шт./м <sup>3</sup>	0.10	1.50	0.51	0.80	0.55	1.70	0.22
Средняя биомасса, мг/м <sup>3</sup>	0.21	2.29	0.94	1.60	1.00	2.72	0.58
Район	США, южнее 70° с.ш., восточнее 169° з.д.			США, севернее 70° с.ш., восточнее 169° з.д.			
	2007	2017	2019	2017	2019		
Обследованная площадь, км <sup>2</sup>	68.0	57.5	41.8	89.5	95.0		
Средний слой, м	43	38	36	52	65		
Количество станций	24	22	18	28	32		
Средняя плотность, шт./м <sup>3</sup>	0.83	0.14	0.08	0.66	0.62		
Средняя биомасса, мг/м <sup>3</sup>	1.34	0.18	0.15	1.05	1.02		

периода открытой воды может быть одним из наиболее значимых факторов, ограничивающих распространение вида в арктических морях [5].

Данные по плотности личинок краба-стригуна в пелагиали юго-западной части Чукотского моря варьировали по годам от 0.1 до 1.7 шт./м<sup>3</sup> (табл. 1). Максимальная плотность личинок наблюдалась в юго-западной части в 2007 г. (1.5 шт./м<sup>3</sup>) и 2020 г. (1.7 шт./м<sup>3</sup>) (табл. 1) и, на наш взгляд, зависела от интенсивности затока вод в Чукотское море через Берингов пролив, так как наибольший заток берингоморских вод и по площади распространения и по объему отмечен в 2007 и 2020 гг. [3, 20]. После 2007 г. по количеству берингоморских вод на акватории съемки в порядке убывания следуют 2010, 2008 и 2003 гг. Максимальный объем распресненных вод Сибирского прибрежного течения отмечался в 2003 и 2008 гг., при этом концентрации личинок краба-опилио были минимальны. Следует отметить, что полученные нами максимальные значения плотности личинок краба-опилио в 2020 г. связаны также с ограниченной акваторией съемки (рис. 1). На исследованной акватории (за пределами 12-мильной зоны) отчетливо прослеживается западный перенос вод Центрального течения, следующий в северном, северо-западном направлении к каньону Герольд, а основное влияние Сибирское течение оказывало на прибрежные воды Чукотского моря за пределами съемки [3].

В северо-западной части моря планктонные работы проводились только в 2019 г. (рис. 1) и

средние концентрации по району были в 2 раза ниже, чем в южном районе (табл. 1).

В юго-восточной части Чукотского моря американскими и российскими учеными планктонные исследования проведены летом 2007, 2017 и 2019 гг., а в северо-восточной — летом 2017 и 2019 гг. Максимальные плотности личинок краба-стригуна в юго-восточном районе, как и в юго-западном, наблюдались в 2007 г. (табл. 1). В северо-восточной части моря в 2017 и 2019 гг. плотность личинок краба-стригуна была относительно высокой — 0.66 и 0.62 шт./м<sup>3</sup> соответственно (табл. 1). Следует отметить, что в 2019 г. плотность личинок в северо-восточной части моря была в 3 раза выше, чем в северо-западной. Относительно высокая плотность личинок в северо-восточной части моря, видимо, связана с течениями в северо-западном направлении (течение желоба Центральный и прибрежное Аляскинское) (см. рис. 1), которые занесли личинок из южных районов.

*Молодь и взрослые особи.* Естественный ареал обитания краба-стригуна опилио охватывает северную часть Тихого океана от Берингова пролива до вод Британской Колумбии и северной части Японского моря до Корейского пролива [34]. Он также включает Чукотское море с отдельными поймками в восточной части Восточно-Сибирского моря и западной части моря Бофорта, а также Северо-Западную Атлантику: от северо-западного побережья США до Девисова пролива [2, 39]. Молодь и взрослые особи краба-стригуна обитают на дне при температуре от  $-1.8^{\circ}$  до  $7.2^{\circ}\text{C}$  [12, 17].

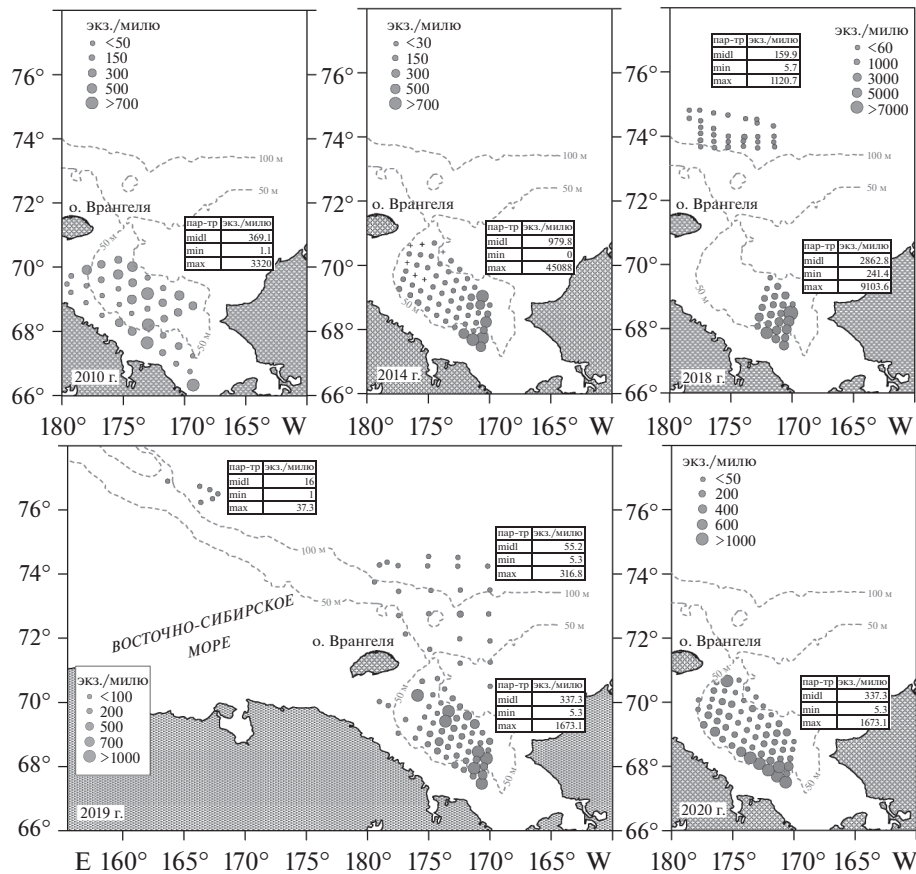


Рис. 2. Уловы краба-стригуна опилио (экз. на милю траления) в Чукотском (2010–2020 гг.) и Восточно-Сибирском (2019 г.) морях.

Будучи широко эврибатным видом, краб-стригун опилио способен обитать в прибрежной зоне на глубине 4 м [36] и опускаться по материковому склону на глубины до 690 м [13]. В литературе часто указывается, что краб-стригун предпочитает песчано-илистые грунты, однако, в меньших количествах он также встречается на твердых грунтах [13, 19]. В Чукотском море минимальные размеры взрослых крабов по сравнению с особями, обитающими в Охотском, Беринговом и Японском морях, и низкий темп роста обусловлены суровым термическим режимом вод [18]. Мониторинг состояния ресурсов стригуна опилио по объективным причинам ведется нерегулярно.

**Пространственное распределение** краба стригуна в период исследований в Чукотском море, а также в 2019 г. в Восточно-Сибирском море представлено на рис. 2.

Проведенные ранее исследования показали, что в разных районах Чукотского моря биомасса зообентоса может различаться на 1–2 порядка величин [15, 27]. Исследование пространственного распределения крабов опилио в Чукотском море показало, что максимальная плотность взрослых особей и личинок (рис. 2) наблюдалась в южной части моря (рис. 2). Этот район находился под

влиянием продуктивных берингоморских вод, где также отмечена высокая биомасса зообентоса [8, 27], который является кормовой базой крабов [21].

В ходе исследований в северо-западной части Чукотского моря в 2018–2019 гг. и в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря в 2019 г., отмечены незначительные скопления краба-стригуна опилио в данных районах также было зафиксировано в более ранних исследованиях [8, 37].

**Плотность распределения.** Общее представление об исследованиях *Chionoecetes opilio* в восточном секторе Арктики дает табл. 2. Основные исследования были проведены в мелководной юго-западной части Чукотского моря (рис. 2). Плотность скоплений крабов в юго-западной части в различные годы исследований сильно варьировала, что связано, с одной стороны, с естественными флюктуациями и изменением гидрологических условий, а с другой — с особенностями районов исследований в различные годы. Так, в 2018 г. исследования проводились в местах основных скоплений крабов (рис. 2), поэтому средние количественные значения были в 5–10 раз выше и

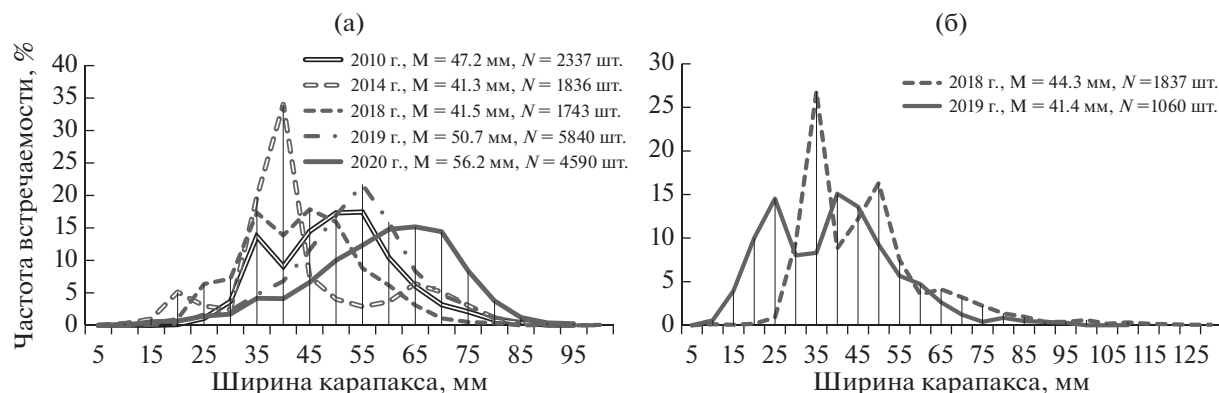


Рис. 3. Ширина карапакса самцов краба-стригуна опилио в юго-западной (а) и в северо-западной (б) части Чукотского моря (M – средний размер, N – количество).

не могут быть использованы для анализа межгодовых изменений (табл. 2).

В юго-западной мелководной части моря средняя плотность самцов крабов изменялась от 6.96 до 19.39 тыс. экз./км<sup>2</sup>, самок – от 3.02 до 13.72 тыс. экз./км<sup>2</sup> (табл. 2). Максимальная плотность крабов отмечена в 2014 г. (в основном за счет неполовозрелых особей – около 85%), а минимальная самцов – в 2010 г., самок – в 2019 г. (табл. 2).

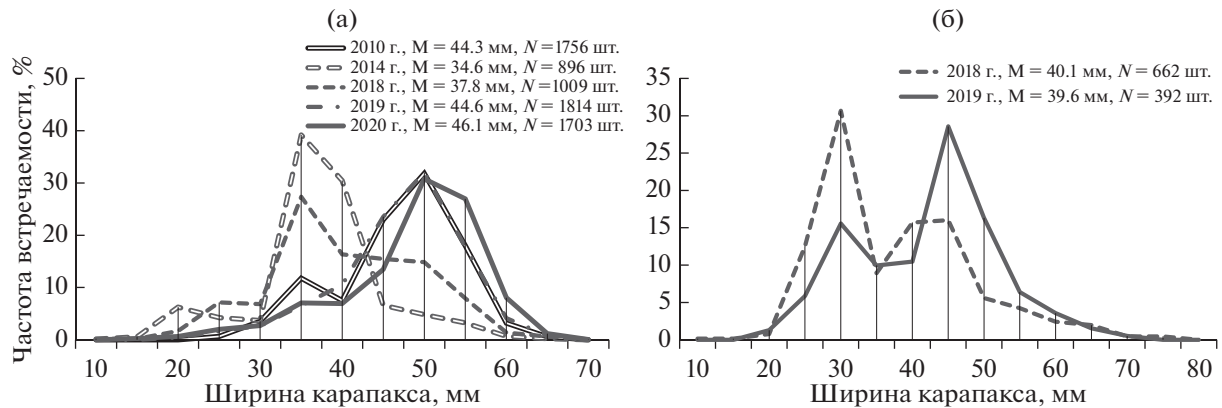
Плотность крабов в 2018 и 2019 гг. в северных районах была в 6–10 раз ниже, чем в южных (табл. 2).

В Восточно-Сибирском море крабы встречались при отрицательных придонных температурах и их плотность была на 1–2 порядка ниже, чем в Чукотском море (табл. 2).

*Условия обитания.* В Чукотском море краб-стригун опилио встречается почти на всей акватории и является заметной частью донных сообществ [9, 14, 15]. Температурный диапазон встречаемости крабов-стригунов в Чукотском море при максимальной площади съемки в 2019 г. (рис. 2) составлял от –1.0 до 3.9°C, соленость в местах по-

Таблица 2. Плотность и ширина-карапакса краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Чукотском и Восточно-Сибирском морях в 2010–2020 гг.

Район	Юго-западная часть Чукотского моря									
Год	2010		2014		2018		2019		2020	
Площадь исследований, тыс. км <sup>2</sup>	104.5		87.8		35.7		116.2		75.9	
Температура (дно) С°	–1.7...4.4		–1.6...4.5		1.8...4.7		–1.0...3.9		–1.7...4.2	
Пол	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Ср. ширина карапакса, мм	47.6	44.3	41.3	34.6	41.5	37.8	50.7	44.6	56.7	46.1
Ср. плотность, тыс. шт./км <sup>2</sup>	6.96	5.49	19.35	13.72	58.48	38.11	8.20	3.02	11.8	5.3
Район	Северо-западная часть Чукотского моря				Северо-восточная часть Восточно-Сибирского моря					
Год	2018		2019		2019					
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	40.7		113.0		10.6					
Температура (дно) С°	–0.2...0.4		–0.8...2.0		–0.95...–0.05					
Пол	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки				
Ср. плотность, тыс. шт./км <sup>2</sup>	3.96	1.48	1.40	0.52	0.39	0.15				



**Рис. 4.** Ширина карапакса самок краба-стригуна опилию в юго-западной (а) и в северо-западной (б) части Чукотского моря.

имок крабов менялась от 32.54 до 34.75%. Наиболее плотные скопления краба отмечены при температуре 0.8м3.4°C и солености 32.72–32.95‰, минимальные – при отрицательных придонных температурах и повышенной солености от 33.0 до 34.75‰.

В Восточно-Сибирском море в 2019 г. (рис. 1) краб-стригун отмечен при температуре от –0.05 до –0.95°C и солености от 34.11 до 34.55‰. Наиболее плотные скопления (более 30 шт./милю или около 50 шт./км) наблюдались при относительно высокой температуре в диапазоне от –0.05 до –0.2°C и солености от 34.23 до 34.33‰.

Таким образом, условия в Чукотском и Восточно-Сибирском морях соответствуют толерантности вида. Температурно-соленостные условия в Чукотском море близки к оптимуму для обитания послеличиночных стадий. Исключение составляют среда обитания в западных, северо-западных участках Чукотского моря и Восточно-Сибирском море, где отмечались предельные значения абиотических условий.

**Размерный состав.** Исследования, проведенные ранее, показали, что размеры крабов сильно зависят от температуры и наличия пищевой базы. При неблагоприятных условиях темпы роста замедляются и предельные размеры уменьшаются [22]. Продолжительность жизни краба в среднем 15 лет, а у самцов до 16–17 лет [39]. Рост *C. opilio*, как промыслового вида, достаточно хорошо изучен. Краб оседает на дно при ширине карапакса около 3 мм [25]. Было показано, что ШК в 10 мм он достигает примерно за 16–17 месяцев после примерно 3 линек, еще через 16 месяцев краб достигает ШК около 20 мм (линия 2 раза) [34].

Размерный состав крабов-стригунов в Чукотском море был исследован начиная с 2010 г. Общее количество самцов всегда было выше, чем самок, их доля в среднем в популяции составляла 57–69%. За весь период исследований предельные размеры крабов изменялись у самцов и самок

в юго-западной части от 6 до 97 и от 7 до 66 мм, в северо-западной части моря от 12 до 128 и 10 до 80 мм соответственно (рис. 3а, 4а).

Средние значения ширины карапакса у самцов в юго-западной части Чукотского моря в различные годы исследования изменялись от 42.2 до 56.7 мм (рис. 3а). Исследования показали постепенное увеличение ШК с 2014 г. В 2019 г. ШК самцов превысила 50 мм, а в 2020 г. этот показатель составил 56.7 мм. У самок наблюдались такая же тенденция, минимальные средние значения наблюдались в 2014 г. – 34.6 мм, а максимальные в 2020 г. – 46.1 мм (рис. 4а). Размерный состав согласуется со степенью половозрелости самок, так их доля в 2014 г. составляла менее 10%, а в 2020 г. – около 55% (рис. 5). У подавляющего большинства (более 99%) половозрелых самок наблюдалась оранжевая икра (стадия ИО).

В северо-западной части ширина карапакса краба опилию у самцов изменялась от 12 до 128 мм, у самок от 10 до 80 мм (рис. 3б, 4б). В северной относительно глубоководной части Чукотского моря были отмечены самцы с ШК более 100 мм. Самцы такого размера не встречались в южных районах. Также в северной части Чукотского моря полностью отсутствовали сеголетки размером менее 10 мм, что косвенно указывает на пополнение скоплений на севере из южных районов. Однако наличие в пелагиали на севере моря небольшого количества личинок (0.22 шт./м<sup>3</sup>, см. табл. 1) и половозрелых самок с оранжевой икрой (около 10%) указывает на возможность воспроизводства краба-стригуна опилию на севере Чукотского моря.

Отсутствие наиболее крупных самцов размером более 100 мм в южной части моря связано с их миграцией на большие глубины, как это было показано для популяции краба опилию в западной Арктике [32]. Миграцию крупных самцов в глубоководную часть моря подтверждают исследования, проведенные в 2018 и 2019 гг. (рис. 4а), когда в северной глубоководной части моря (глубина

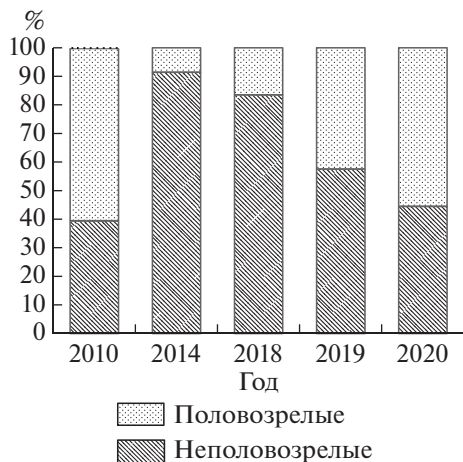


Рис. 5. Стадии зрелости самок краба-стригуна опилио в юго-западной части Чукотского моря.

190–270 м) были встречены самцы размером 100–128 мм.

Следует отметить, что доля промысловых самцов (ШК более 80 мм) в южной части моря не превышала 1% и только в 2020 г. их доля составила более 2% от общего количества самцов. В северной части моря, в связи с миграциями крупных самцов на глубину, доля промысловых самцов в 2018 г. составляла около 2%, а в 2019 г. — более 3%.

В Восточно-Сибирском море размеры самцов в 2019 г. изменялись от 22 до 77 мм, в среднем 43.2 мм, самок от 29 до 67 мм, в среднем 45.6 мм (рис. 6). Основу составляли неполовозрелые особи 87%, а доля половозрелых самок с оранжевой икрой составляла около 9% от общего количества самок.

Планктонные исследования в 2019 г. не обнаружили в данном районе личинок *S. opilio*. Минимальные размеры в данном регионе самцов и самок — 22 мм и 29 мм соответственно, т.е. в уловах отсутствовали сеголетки, годовики и даже 2-летки, что указывает на отсутствие пополнения краба опилио в Восточно-Сибирском море и зависимость от чукотской группировки из северных районов.

**Экспансия.** Расширение области обитания краба-стригуна в северо-западной части Чукотского моря можно объяснить как разносом пелагических личинок с течениями в северном направлении (рис. 1), так и активной миграцией взрослых особей, как это отмечалось в других районах [4, 11]. Распространению личинок крабов опилио в Восточно-Сибирское море из северо-западных районов Чукотского моря препятствует отсутствие течений соответствующей направленности. Наиболее вероятным путем распространения краба-стригуна в Восточно-Сибирское море является миграция краба по дну из Чукотского моря. Ме-

чение крабов показало, что взрослые особи способны проходить большие дистанции, вплоть до 201 км за 87 дней [4]. Кроме того, изотопный состав углерода и азота был сходен у особей из Восточно-Сибирского моря и северной части Чукотского моря [3], что подтверждает экспансию в основном за счет взрослых особей *S. opilio*.

Как указывалось выше, размножение крабов в Восточно-Сибирском море на данном этапе исследований вызывает сомнения. Наличие половозрелых особей (самок с икрой, 2.6%) в Восточно-Сибирском море в 2019 г. допускает возможность размножения. Однако, дефицит кормовой базы, связанный с низкими концентрациями зообентоса в данном регионе [10], не позволяет прогнозировать значительное увеличение популяции *S. opilio*. Кроме того, расширение ареала и увеличение численности опилио в Восточно-Сибирском море сдерживается низкой соленостью в южной части моря, связанной со стоком рек и отрицательными придонными температурами в северной части моря (неопубликованные рейсовые данные за 2019 г.).

**Трофика.** Крабы-стригуны являются хищниками-бентофагами. *S. opilio* имеет широкий спектр питания [21, 30].

По данным Зоологического института Академии наук (ЗИН) в южных районах Чукотского моря из крупных таксонов в питании краба опилио преобладают двустворчатые моллюски, которые составляют более 50% зообентоса. Проведенные исследования по питанию краба в южных районах Чукотского моря показали, что основу рациона краба опилио составляют двустворчатые моллюски и полихеты, несколько меньшее значение имеют крабы, креветки и офиуры [21]. Крабы собственного вида и краба-паука в рационе составляет около 10%, причем их доля увеличивалась в районах дефицита бентоса — в западной и северо-западной частях моря, где она составляла 30–40% [8]. Каннибализм был широко отмечен у этого вида и в других местах его обитания при низких концентрациях зообентоса [33].

**Трофический статус.** Одним из наиболее успешных подходов при изучении трофодинамики донных сообществ в арктических морях является анализ изотопного состава углерода и азота гидробионтов, который позволяет определить как источники органического вещества, так и трофическую структуру сообщества [28, 29].

Раннее у краба-стригуна было рассмотрено пространственное изменение изотопного состава по акватории российской части Чукотского моря, связанное с изменением пищевых рационов. Согласно этим исследованиям [3, 8] у краба-стригуна опилио Чукотского моря в северных и западных районах наблюдалось увеличение  $\delta^{15}\text{N}$  (15.0–16.5‰) на 1–3‰ по сравнению с южным районом, что в первую очередь определяется составом

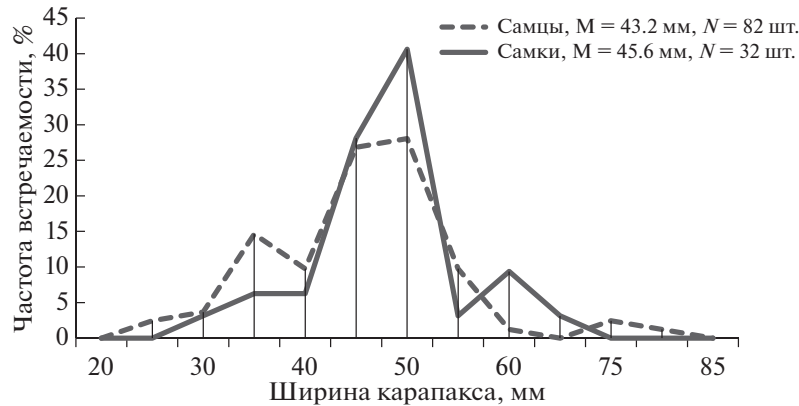


Рис. 6. Ширина карапакса самцов и самок краба-стригуна опилио в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря.

пищи. В южном районе отмечались максимальные биомассы зообентоса в донном сообществе и его значение в питании. В питании краба преобладали типичные детритофаги (двустворчатые моллюски и сидячие полихеты) [21], что и отразилось на относительно низких значениях  $\delta^{15}\text{N}$  (12.4–13.8 ‰ у молоди и 14.0–15.6 ‰ у взрослых). В северных и западных районах отмечались минимальные концентрации зообентоса, преобладали всеядные ракообразные (включая краба опилио) с более высоким трофическим статусом. Различия в структуре донных сообществ, которые отражаются на изотопном составе консументов верхних тропических уровней, также были отмечены между восточной и юго-западной частью Чукотского моря [29]. У *C. opilio* наблюдалось значительное увеличение величин  $\delta^{13}\text{C}$  в тканях крабов по мере уменьшения влияния берингоморских вод, занимающих южную часть Чукотского моря (на юге – 16.5 ‰, на севере – 17.4 ‰) [3, 8]. Таким образом, пространственные вариации изотопных показателей *C. opilio* отражают состав его пищи [26].

Для сравнения трофических характеристик крабов-стригунов в северной части Чукотского и Восточно-Сибирского морей был исследован (по данным НИС “Профессор Леванидов” в 2019 г.) изотопный состав углерода и азота ( $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$ ). Значения  $\delta^{15}\text{N}$  в тканях взрослых *Chionoecetes opilio* в северной части Чукотского моря были высокими (16.5 ‰), что связано с хищничеством-каннибализмом [3]. В северо-западной части Восточно-Сибирского моря значения  $\delta^{15}\text{N}$  у взрослых крабов были ниже – 15.6 ‰, что указывает на возможное потребление детрита наряду с хищничеством. Аналогичная картина наблюдалась в Карском море [5].

Результаты изотопного анализа углерода показали близкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  краба-опилио, выловленного в северо-западной части Чукотского моря и в северо-восточной части Восточно-Си-

бирского моря ( $\delta^{13}\text{C}$  – 17.0 ‰ и – 17.3 ‰), что, по нашему мнению, предполагает возможную экспансию краба-опилио из Чукотского моря в западном направлении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В пределах рассматриваемого региона максимальные скопления личинок и разновозрастных крабов опилио были отмечены в юго-западной части Чукотского моря с оптимальными для вида гидрологическими показателями (температуре 0.8–3.4 °C, солености 32.72–32.95 ‰) и благоприятной кормовой базой (высокие биомассы зообентоса, с доминированием двустворчатых моллюсков). Наличие в уловах самок *C. opilio* с икрой, а также поимки планктонных личинок и недавно осевшей молоди (размером от 6 мм) в юго-западной части Чукотского моря позволяют предположить существование здесь самовоспроизводящей группировки, независимой от берингоморских группировок.

2. В юго-западной части Чукотского моря происходит последовательное увеличение численности личинок, размеров взрослых крабов, доли зрелых самок с оранжевой икрой и взрослых промысловых самцов до 3% по численности, что характерно для районов с оптимальными условиями существования. Возможно, юго-западная часть Чукотского моря является источником пополнения группировок краба в Восточно-Сибирском море, куда мигрирует молодь в возрасте 1–2 лет.

3. На периферии ареала *C. opilio* в Чукотском море (на западе, востоке и севере) его численность была в 5–10 раз ниже, чем на юго-западе моря, что связано с граничными для краба опилио гидрологическими условиями и неблагоприятной кормовой базой – низкой биомассой зообентоса. Отсутствие сеголеток краба (менее 10 мм) в северных районах косвенно указывает на пополнение из южных районов. Однако поимки не-



большого количества личинок (0.22 шт./м<sup>3</sup>) и половозрелых самок с оранжевой икрой (около 10%) указывают на возможность воспроизводства краба в северной части Чукотского моря.

4. Отсутствие личинок и молоди краба (менее 22 мм) в Восточно-Сибирском море указывает на зависимость от чукотской группировки. Экспансия *S. opilio* в Восточно-Сибирское море, в связи с неоднородностью течений в западном направлении, происходит, возможно, по дну. Близкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  краба-опилио, выловленного в северо-западной части Чукотского моря и в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря ( $\delta^{13}\text{C} - 17.0\text{‰}$  и  $-17.3\text{‰}$ ) также предполагают возможную миграцию краба из Чукотского моря.

5. Неполовозрелые особи краба опилио питаются детритом, по мере роста переходят на питание собственной молодью, креветками и рыбой. Миграция крупных самцов с шириной карапакса более 100 мм из южных районов с высокой плотностью молоди в северные способствует расширению ареала и снижению каннибализма.

Проведенными исследованиями установлено увеличение численности краба опилио в Восточно-Сибирском море: от единичных находок в 1980-х гг. до 540 шт./км<sup>2</sup>. Тем не менее, значительный рост численности *S. opilio* в северной части Чукотского моря и в Восточно-Сибирском море маловероятен в связи с недостатком кормового бентоса и распреснением мелководной южной части Восточно-Сибирского моря.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский К.А., Вышкварцева Н.В. и др. Веслоногие ракообразные (Copepoda: Calanoida) морей СССР и сопредельных вод. Т. 1. Л.: Наука, 1983. 358 с.
2. Виноградов Л.Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. 1950. Т. 33. С. 179–358.
3. Горбатенко К.М., Мельников И.В., Безик А.Н. и др. Донно-пелагические связи гидробионтов в различных водных массах Чукотского моря по данным глубоководной части Охотского моря по данным  $d^{15}\text{N}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201. Вып. 4. С. 784–809.
4. Горянина С.В. Первые данные о миграционной активности краба-стригуна опилио в Баренцевом море // Промысловые Беспозвоночные. Сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции. Калининград: КГТУ, 2015. С. 54–56.
5. Залота А.К. Чужеродные виды десятиногих ракообразных (CRUSTACEA DECAPODA) в морях России и сопредельных водах: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10. М., 2017. 255 с.
6. Милейковский С.А. Зависимость размножения и нереста морских шельфовых донных беспозвоночных от температуры воды // Тр. ИО АН СССР. 1970. Т. 88. С. 113–149.
7. Низзев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К. и др. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. 114 с.
8. Одинцов В.С., Кияшко С.И. Вариации изотопного состава углерода и азота крабов *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) и *Hyas coarctatus* (Leach, 1816) (Crustacea: Decapoda) на шельфе Чукотского моря // Биология моря. 2018. Т. 44. № 1. С. 51–57.
9. 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 // Труды ВНИРО. 2019. Т. 178. С. 206–220.
10. Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В. и др. Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в Восточно-Сибирском море на НИС “Профессор Леванидов” в сентябре 2019 г. // Труды ВНИРО. 2020. Т. 179. С. 187–205.
11. Павлов В.А. Новые данные о крабе-стригуне *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) Баренцева моря // Тез. докл. VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). Мурманск, 9–13 октября 2006 г. М.: ВНИРО. 2006. С. 109–111.
12. Первеева Е.Р. Распределение, условия обитания и динамика численности краба-стригуна *Chionoecetes opilio* у восточного Сахалина // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях: Сб. науч. тр. Южно-Сахалинск: Сах. обл. книжное изд-во, 1999. Т. 2. С. 100–106.
13. Первеева Е.Р. Распределение и биология стригуна опилио *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) в водах, прилегающих к острову Сахалин: Автореф. дис. канд. биол. наук. 03.00.18. М., 2005. 22 с.
14. Сиренко Б.И., Василенко С.В. Крабы (Crustacea, Decapoda, Brachyura) Чукотского моря. // Исследования фауны морей. СПб. 2008. Вып. 61 (69). С. 142–148.
15. Сиренко Б.И., Гагаев С.Ю. Необычное обилие макробентоса и тихоокеанские вселенцы в Чукотском море // Биол. моря. 2007. Т. 33. № 6. С. 399–407.
16. Слабинский А.М., Фигуркин А.Л. Структура планктонного сообщества южной части Чукотского моря в летний период // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 178. С. 135–147.
17. Слизкин А.Г. Донные беспозвоночные животные // Северо-Восток России: проблемы экономики и народонаселения: расширенные тез. докл. регион. науч. конф (Магадан, 31 марта–2 апреля 1998 г.). Магадан: ОАО Северовостокзолото, 1998. Т. 1. С. 121–122.
18. Слизкин А.Г. Распределение крабов-стригунов рода *Chionoecetes* и условия их обитания в северной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. 1982. Т. 106. С. 26–33.
19. Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика, 2000. 180 с.
20. Фигуркин А.Л., Слабинский А.М. Океанологические условия и планктон южной части Чукотского моря летом 1997–2010 гг. // Вопросы промысловой океанологии. 2012. Т. 1. Вып. 9. С. 134–152.
21. Чучукало В.И., Надточий В.А., Федотов П.А. и др. Питание и некоторые черты биологии краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Чукотском море // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 167. С. 197–206.

22. *Alunno-Bruscia M., Sainte-Marie B.* Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae), in the northwestern Gulf of St. Lawrence // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1998. V. 55. P. 459–477.
23. *Belkin I.M.* Rapid warming of Large Marine Ecosystems // *Progress in Oceanography*. 2009. V. 81. P. 207–213.
24. *Charmantier G., Charmantier-Daures M.* Osmoregulation and salinity tolerance in zoeae and juveniles of the snow crab *Chionoecetes opilio* // *Aquatic Living Resources*. 1995. V. 8. № 2. P. 171–179.
25. *Conan G.Y., Starr M., Comeau M., et al.* Life history strategies, recruitment fluctuations, and management of the Bonne Bay fiord Atlantic snow crab (*Chionoecetes opilio*) // *High latitude crabs: Biology, management, and economics*. University of Alaska Sea Grant, AK-SG-96-02, Fairbanks. 1996. P. 59–97.
26. *Divine L.M., Bluhm B.A., Mueter F.J., Iken K.* Diet analysis of Alaska Arctic snow crabs (*Chionoecetes opilio*) using stomach contents and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  stable isotopes // *Deep-Sea Res. Part II: Top. Stud. Oceanogr.* 2017. V. 135. P. 124–136.
27. *Dunton K.H., Goodall J.L., Schonberg S.V. et al.* Multi-decadal synthesis of benthic–pelagic coupling in the western Arctic: role of cross-shelf advective processes // *Deep-Sea Res. Part II: Top. Stud. Oceanogr.* 2005. V. 52. P. 3462–3477.
28. *Hobson K.A., Welch H.E.* Determination of trophic relationship within a high Arctic marine food web using  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  analysis // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1992. V. 84. P. 9–18.
29. *Iken K., Bluhm B.A., Dunton K.H.* Benthic food web structure under differing water mass properties in the southern Chukchi Sea // *Deep-Sea Research II*. 2010. V. 57. P. 71–85.
30. *Kolts J.M., Lovvorn J.R., North C.A. et al.* Effects of body size, gender, and prey availability on diets of snow crabs in the northern Bering Sea // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 2013. V. 483. P. 209–220.
31. *Kon T.* Fisheries biology of the Tanner crab. IV. The duration of the planktonic stages estimated by rearing experiments of larvae // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1970. № 36. P. 219–224.
32. *Lovrich G.A., Sainte-Marie B., Smith B.D.* Depth distribution and seasonal movements of *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) in Baie Sainte-Marguerite, Gulf of Saint Lawrence // *Can. J. Zool.* 1995. V. 73. P. 1712–1726.
33. *Lovrich G.A., Sainte-Marie B.* Cannibalism in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1997. V. 211. P. 225–245.
34. *Ogata T.* Studies on the population biology of the edible crab, *Chionoecetes opilio* O. Fabricius in the Japan Sea region // *Kaiyo Kagaku (Mar. Sci. Mon.)*. 1973. V. 5 (3). P. 27–33.
35. *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 Research II*. 2017. No. 135. P. 27–39.
36. *Sainte-Marie B., Hazel F.* Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1992. V. 49. P. 1282–1293.
37. *Squires H.J.* Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada // *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 1990. № 221. 532 pp.
38. *Weingartner T.J., Aagaard K., Woodgate R. A. et al.* Circulation on the north central Chukchi Sea shelf // *Deep-Sea Research II*. 2005. V. 52. P. 3150–3174.
39. *Watson J.* Maturity, mating, and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio* // *J. Fish. Res. Board Can.* 1970. V. 27. P. 1607–1616.
40. *Yamamoto T., Yamada T., Fujimoto H., Hamasaki K.* Effects of temperature on snow crab (*Chionoecetes opilio*) larval survival and development under laboratory conditions // *Journal of Shellfish Research*. 2014. V. 33. № 1. P. 19–24.

## Distribution and General Biological Features of Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) in the Chukchi and East Siberian Seas

K. M. Gorbatenko<sup>a, #</sup>, S. I. Kiyashko<sup>b</sup>, T. B. Morozov<sup>c</sup>, A. I. Glubokov<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*Pacific branch of VNIRO, Vladivostok, Russia*

<sup>b</sup>*A.V. Zhirmunsky National Scientific Center FEB RAS, Vladivostok, Russia*

<sup>c</sup>*Kamchatsky branch of VNIRO, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

<sup>d</sup>*VNIRO, Moscow, Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: gorbatenko@tinro.ru*

Hydrobiological surveys (plankton and benthos, including snow crab) were carried out in the summer of 2003–2020 in the south-western region of the Chukchi Sea. At the west, east, and north edges of *C. opilio* distribution area in the Chukchi Sea the amounts of the crabs were 5–10 times lower due to the limit of species' tolerance to hydrological factors and inappropriate trophic base – low mass of zoobenthos. Some gatherings of snow crab *C. opilio* in northern regions of the Chukchi and the East-Siberian Seas can be considered as dependent, which depends on income from southern regions of the Chukchi Sea. The southern regions of the Chukchi Sea are some kinds of the nursery for development and growth of snow crab larvae and youth until 1–2 years age, from where they migrate into northern deeper regions of the Chukchi Sea, and then more fare into north-eastern region of the East-Siberian Sea.

**Keywords:** Chukchi Sea, East-Siberian Sea, plankton, benthos, snow crab, larvae, distribution