

УДК 595.384.12

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ ВСЕЛЕНЦА КРАБА-СТРИГУНА, *CHIONOECETES OPILIO* (O. FABRICIUS, 1788) (DECAPODA, OREGONIIDAE), В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ

© 2024 г. А. К. Залота*, А. А. Удалов, М. В. Чикина, Д. В. Кондарь, И. В. Любимов,
Э. В. Липухин, И. М. Анисимов, А. В. Лесин, В. О. Муравья, А. В. Мишин

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: azalota@gmail.com

Поступила в редакцию 16.05.2023 г.

После доработки 04.09.2023 г.

Принята к публикации 16.11.2023 г.

В 89-м рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш” в сентябре-октябре 2022 г проведён поиск крабов-стригунов *Chionoecetes opilio* в донных сообществах Карского моря с использованием трала Сигсби и БНПА “Видеомодуль”, а также планктонные ловы сетью Бонго с целью регистрации личинок краба в толще воды. В восточной части Карского моря на разрезе от желоба Воронина в сторону побережья Таймыра начиная с глубины 490 м впервые были обнаружены единичные крупные особи краба-стригуна. При этом не было поймано ни одной крабовой личинки, что свидетельствует о проникновении взрослых крабов в эти районы по дну. Напротив, в западной части моря и в заливе Благополучия, наблюдалась высокая численность всех размерных групп *C. opilio* на дне, а также личинок в толще воды. Отличия по скорости и характеру вселения краба-стригуна объясняются контрастом ледовой обстановки западных и восточных районов Карского моря. Возможно, следует ожидать дальнейшее развитие популяции краба-стригуна на востоке Карского моря в связи с тенденциями увеличения продолжительности безледного периода в Арктике.

Ключевые слова: Карское море, краб-стригун опилио, чужеродный вид, размерная структура

DOI: 10.31857/S0030157424030087, **EDN:** QCCBNA

ВВЕДЕНИЕ

В рамках многолетней программы “Экосистемы морей Сиберской Арктики” ведутся наблюдения за развитием вселения краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Карское море, где он впервые был обнаружен в 2012 г. [10]. Скорее всего, он попал в Карское море из соседнего Баренцева моря, где он также является чужеродным видом и был впервые обнаружен в 1996 г. [13]. Источник происхождения краба-стригуна в Баренцевом море не известен. Его естественный ареал охватывает северную часть Тихого океана от Берингова пролива до вод Британской Колумбии и северной части Японского моря, Чукотское море с отдельными находками в восточной части Восточно-Сибирского моря и западной части моря Бофорта, а также Северо-Западную Атлантику от крайнего северо-западного побережья США до Девисова пролива [19, 36]. Развитие краба-стригуна в Баренцевом море происходило стремительно, и к 2010 г.

краб обитал в районе пролива Карские Ворота и к северу от архипелага Новая Земля [19]. На сегодняшний день, краб расселился практически по всему центральному, восточному, северо-восточному шельфу Баренцевоморского бассейна и с 2016 г. начался его полноценный промысел [5, 13].

Инвазия краба *C. opilio* в Карское море, начавшаяся сравнительно недавно, происходит достаточно интенсивно и хорошо документирована. Если в 2011 г. крабы были встречены на единственной станции в желобе Святой Анны, вблизи границы с Баренцевым морем, то в 2014 г. встречаемость крабов-стригунов на станциях, выполненных в рейсе ИО РАН (глубины от 50 до 450 м) составила 60%, а в западной части моря она приближалась к 75% [39]. В 2016 г. крабы были отмечены в большинстве заливов Новой Земли, а в заливе Седова *C. opilio* был отмечен как руководящий вид [40]. К 2021 г. краб расселился по всей юго-западной части Карского

моря, где присутствовали все его размерные группы, в том числе половозрелые особи и самки с икрой на плеоподах [8, 39–41]. Восточная часть Карского моря, примыкающая к архипелагу Северная Земля, исследована в значительно меньшей степени, чем остальные районы моря. В первую очередь это связано с ледовой обстановкой, затрудняющей доступ в эти районы [7]. В последнее десятилетие (после первых находок краба-стригуна в Карском море) можно отметить исследования восточной части Карского моря в рейсах ИО РАН в 2013–2015 гг. [24], в ходе которых краб не был обнаружен. По данным исследований ПИНРО и ИО РАН краб-стригун попадался в траловые пробы в районе восточного отрога желоба Святой Анны с начала вселения краба в Карское море [19, 39]. По данным ВНИРО, в 2019 г. были находки краба у о. Исаченко, но судить о количестве и присутствии краба восточнее острова по этим данным сложно [6]. Тем не менее все эти находки приурочены к районам западнее 80° в. д. и Центрального Карского плато и в литературе нет упоминаний о находках краба в восточных частях моря в желобе Воронина и у Северной Земли.

Влияние вселения краба-стригуна на донные экосистемы Карского моря выразилось в их существенных преобразованиях. Если на протяжении всего XX века и до 2010-х годов донные сообщества Карского моря отличались достаточной стабильностью [3, 11, 12, 28, 29, 32], то вселение краба-стригуна в западную и центральную части моря и в заливы Новой Земли привело к существенным изменениям в донных сообществах на всех уровнях — от мега- до мейобентоса [14, 18, 25]. Изменяются как количественные характеристики, так и таксономический состав, и соотношение основных групп. Для восточной части моря подобные данные полностью отсутствуют. Вселение краба-стригуна является уникальным случаем и дает возможность наблюдения за развитием инвазии чужеродного вида и отклика на нее практически интактной арктической экосистемы, не подвергавшейся воздействию других видов-вселенцев и промысла.

В настоящей работе представлены данные о первых находках краба-стригуна опилио в восточной части Карского моря и оценена плотность поселения, популяционные характеристики крабов из этих вод, проведено их сопоставление с современным состоянием поселений краба в центральных частях Карского моря и в заливах Новой Земли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в рамках многолетней программы “Экосистемы морей Сибирской Арктики”. В сентябре 2022 г. в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” были исследованы донные сообщества в трех районах Карского моря. Было выполнено 12 станций — в заливе Благополучия (2 станции), в западной части моря (2 станции) и в восточной части моря на разрезе от желоба Воронина в сторону побережья Таймыра в диапазоне глубин от 1650 до 70 м (8 станций) (рис. 1, табл. 1).

В качестве основного орудия лова был использован трал “Сигсби” со стальной рамой шириной 1.6 м и высотой 35 см. Трал оснащен двойным мешком: наружный мешок с ячейей 45 мм; внутренний с ячейей 4.0 мм. Забортные работы проводили при скорости 0.4–0.6 узла, протяженность траления составляла около 500 м. Полученные пробы промывали на системе стальных сит с ячейей 10 мм и 1.0 мм. На ст. 7473 также использовали устройство отбора бентосных проб (УОБ) в форме усеченного конуса с диаметром нижнего и верхнего оснований, соответственно, 1.5 и 0.7 м и высотой 0.6 м (ячейка размером 50–80 мм). Первичную фиксацию проводили 6% нейтрализованным формалином. У всех собранных крабов был визуально определен пол и при помощи штангенциркуля измерены основные морфометрические параметры: ширина карапакса (ШК), высота и толщина карапакса, ширина абдомена у самок, высота правой клешни у самцов. Самки

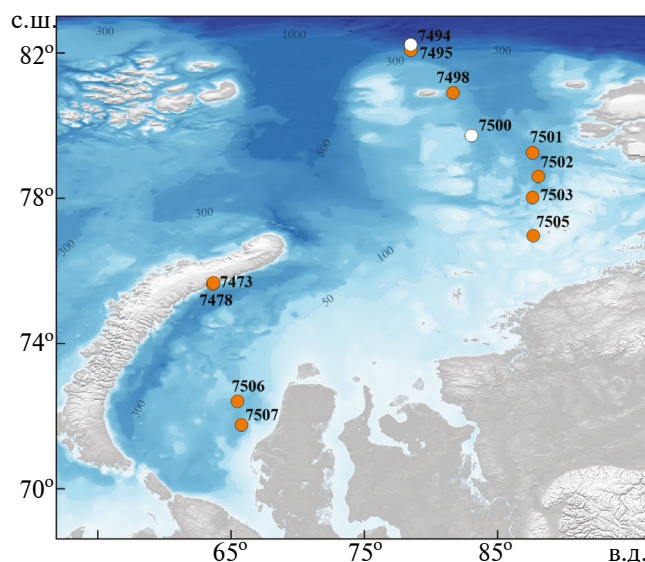


Рис. 1. Карта станций, где производилась видеосъемка дна в рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш” в 2022 г. Белые значки отмечают станции, где крабы-стригуны не были обнаружены.

с икрой на плеоподах зафиксированы в 6% растворе формалина для последующего полного биологического анализа. Половозрелость самцов определялась на основании соотношения ширины карапакса и высоты правой клешни, на основе методики и данных, представленных в работе А.К. Залоты 2022 г. [8].

Данные о донных ландшафтах и количественный анализ распределения и размерной структуры краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) были получены при помощи подводной видеосъемки с помощью буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) “Видеомодуль” [1]. Скорость буксировки составляла 0.5 узла на высоте от поверхности дна 1–1.5 м.

Система наблюдения поверхности дна БНПА “Видеомодуль” включает фотосистему на базе фотокамеры высокого разрешения (42.4 мегапикселя). При рабочей высоте буксировки полученные фотоснимки позволяют различить объекты, линейные размеры которых составляют несколько миллиметров [1]. Фотосистема позволяет обнаруживать не закопавшуюся молодь краба с шириной карапакса от 8 мм. В качестве основной видеокамеры используется цифровая IP камера высокого разрешения (6 мегапикселей), которая позволяет различить объекты на поверхности грунта величиной порядка сантиметра при съемке с рабочей высоты [1]. Освещенность в кадре обеспечивается 6 источниками заливающего света мощностью по 30 Вт и одним источником импульсного света мощностью 200 Вт. Система масштабирования выполнена на базе двух параллельно направленных лазерных указателей, проецирующих на дно две красные отметки на расстоянии 20 см друг от друга. Отсутствие двигателей и подвижных механизмов на тяжелом буксируемом аппарате исключает отпугивание подвижных организмов за счет звука и водных пертурбаций и обеспечивает устойчивую вертикальную съемку дна [1].

Видеозаписи нарезаны на отдельные участки и масштабированы с использованием оригинальной компьютерной программы на языке Python, которая использует алгоритмы на основе корреляции характерных областей соседних кадров для определения движения текущего изображения дна. Данная программа выделяет отдельные участки и автоматически определяет расположение в кадре лазерных пятен, после чего рассчитывает реальную площадь дна [2, 9, 15]. Отдельные участки дна просмотрены первым автором настоящей работы и все обнаруженные крабы посчитаны и измерены при использовании функции

используемой программы. Таким образом получены размерная структура и плотность поселения крабов-стригунов на исследуемых участках дна. Исключением является ст. 7495, где по техническим причинам, связанным с качеством видео, автоматическое нарезание площадей дна было невозможно. Площадь осмотренного дна рассчитывалась при использовании среднего расчета ширины кадра (1 м) и общего пройденного пути 1004 м.

Для оценки размерной структуры всех измененных крабов использовался анализ разделения смешанного распределения на нормально распределенные группы, выполненный с использованием пакета программного обеспечения PAST [30]. Для выявления наиболее пригодной модели были использованы показатели критерия Акаике [26] и параметр логарифмического правдоподобия (log likelihood). Расчеты были выполнены с 50-кратной повторностью для выявления наиболее стабильного результата. Размерная структура популяции на станциях с низким количеством особей была определена эмпирическим способом по подобию предыдущих наблюдений с разбиением на группы с разницей ШК в 10 мм [8, 39–41].

Личинки крабов были собраны из 14 косых планктонных ловов на горизонте 50–0 м (или дно–поверхность в случае меньшей глубины на станции). В качестве орудия лова использовалась планктонная сеть “Бонго” с диаметром входного отверстия 60 см, с ячейей фильтрующего конуса 500 мкм. Сеть оснащалась датчиком давления (Mili-DT, фирмы Star-Oddy) для точной регистрации нижней границы горизонта лова и вертушкой-счетчиком профильтрованного объема воды (Hydrobios). Материал фиксировался и хранился в 96%-ном этаноле. Численность личинок крабов в пробах пересчитывалась на площадь поверхности воды 1 м² по формуле:

$$N = (n \times H) / V,$$

где N – численность личинок (экз./м²), n – число личинок в пробе (шт.), H – вертикальная протяженность горизонта лова (м), V – профильтрованный объем воды (м³).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам видео наблюдений, три исследованных района Карского моря существенно различались по плотности поселения крабов-стригунов. В заливе Благополучия плотность поселения по-прежнему остаётся самой высокой по сравнению с остальными исследуемыми районами (табл. 1) [39–41]. Наибольшая

плотность наблюдается на выходе из з. Благополучия (ст. 7473, 0.5 краба/м²), где было поймано наибольшее количество крабов (13) в трале и при помощи УОБ, и присутствовали как самцы, так и самки, в том числе с икрой на плеоподах (табл. 2). В центральной части моря плотность крабов выше на более южной станции (ст. 7507, 0.095 краба/м²), где в трал попались самцы и одна самка с икрой на плеоподах. Район более северной и более глубоководной станции 7504 оказался на порядок менее плотно заселен крабами-стригунами (0.016 краб/м²), а в трал там попался только один самец.

На станциях восточного разреза в целом плотность крабов была очень низкой (табл. 1). На самой северной и глубоководной ст. 7494 (1632 м) и на ст. 7500, которая находится на вершине морского поднятия (80–86 м), крабы в про-

бах отсутствовали. Наибольшая плотность крабов на восточном разрезе была на континентальном склоне (ст. 7495, глубина около 500 м, 0.056 краба/м²) и в середине разреза (ст. 7502, глубина 238 м, 0.068 краба/м²). В трал попадались единичные особи, а на станциях 7494 и 7500, как уже было сказано, не попался ни один краб — как в трале, так и на видео. Крабы в трале отсутствовали и на ст. 7501, где на всей видео трансекте зафиксирована только одна особь. В восточной части моря крабы не являются ландшафтообразующими организмами, тогда как в заливе Благополучия и в центре Карского моря крабы на видео преобладают по численности (рис. 2).

На всех станциях крабы были обнаружены на мягких грунтах (табл. 1), за исключением континентального склона (ст. 7495), где отмечено наиболее богатое бентосное сообщество [20].

Таблица 1. Район, глубина и координаты станций, где проводили видеонаблюдения в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” в 2022 г. Представлена общая площадь осмотренного дна (м²), количество обнаруженных крабов на видео, плотность поселения крабов и тип грунта на основе видео наблюдений

Станция	Район	Глубина (м)	Тип грунта	Широта N	Площадь осмотра дна (м ²)	Количество крабов	Плотность крабов на м ²
				Долгота E			
7473	з. Благополучия выход	68	Рыхлый	75° 38.078 63° 37.679	506	253	0.5
7478	з. Благополучия центр	170–172	Рыхлый	75° 40.125 63° 41.134	269	22	0.082
7494	Восточный разрез	1632	Рыхлый	82° 13.599 78° 29.206	602	0	0
7495	Восточный разрез	432–475	Жёсткий	82° 04.985 78° 30.837	1004	56	0.056
7498	Восточный разрез	195–209	Рыхлый	80° 53.891 81° 38.713	781	6	0.008
7500	Восточный разрез	84–89	Гетерогенный	79° 44.085 83° 02.343	601	0	0
7501	Восточный разрез	288	Рыхлый	79° 15.977 87° 37.823	245	1	0.004
7502	Восточный разрез	238	Рыхлый	78° 36.071 88° 04.669	296	20	0.068
7503	Восточный разрез	103	Рыхлый	78° 00.854 87° 37.268	534	7	0.013
7505	Восточный разрез	72	Рыхлый	76° 58.055 87° 40.744	593	2	0.003
7506	Центр Карского моря	107	Рыхлый	72° 24.812 65° 28.994	570	9	0.016
7507	Центр Карского моря	153	Рыхлый	71° 45.714 65° 46.497	431	41	0.095

Таблица 2. Количество особей крабов-стригунов разного пола, пойманных при помощи трала Сигсби (и УОБ на станции 7473) в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш”, 2022 г. М — самцы, F — самки без икры на плеоподах, F_{ov} — самки с икрой на плеоподах.

Станция	Количество особей		
	М	F	F _{ov}
7473	10	2	1
7478	5		
7498	1		
7503			1
7505	1		
7506	1		
7507	3		1

По результатам видео учетов, траловых и УОБ сборов на исследуемых станциях, в Карском море обнаружено 9 размерных групп крабов (табл. 3). Пять наиболее многочисленных групп (ШК 32 ± 4 , 40 ± 7 , 61 ± 1 , 70 ± 3 и 80 ± 0.3 мм) выделялись анализом разделения смешанного распределения на нормально распределенные группы (рис. 3, Akaike IC1798 и Log lk.hood -888.5), а малочисленные (ШК 14, 19, 23 ± 1 и 50 ± 3 мм) имели недостаточное количество данных для достоверного определения статистическим методом. Однако на основе более точных промеров из траловых и УОБ проб и данных о размерной

структуре крабов-стригунов в Карском море, полученных в предыдущих работах, были выделены размерные группы для каждой станции.

На восточном разрезе в траловые пробы попались крабы-стригуны с шириной карапакса от 41 до 53 мм (табл. 3). Единственная самка с икрой на плеоподах (ШК 51 мм) была поймана в южной части разреза (ст. 7503), все самцы из траловых проб представлены неполовозрелыми особями. По результатам видео учета, основными размерными группами на восточном разрезе были крабы с ШК около 33 и 43 мм (VIII и IX стадии роста). Только на юге разреза на видео обнаружен более мелкий краб (ШК 19 мм), однако этот промер может быть не точным в связи с ошибками, связанными с видеообработкой и боковым ракурсом краба на снимке.

В заливе Благополучия (ст. 7473), как и в предыдущие годы, наиболее многочисленная на видео учете размерная группа имела ширину карапакса около 32 мм (табл. 3). Однако в трал крабы с такими размерами не попались, в основном присутствовали особи с размерами около 40, 50 и 65 мм. Данная ошибка может быть связана с неточностью промеров на видео (большое количество крабов были прикопаны в грунте). Большую роль может играть статистическая ошибка, тем не менее на графике (рис. 4, Akaike IC1080 и Log lk.hood -533.7) видно, что размерные группы с ШК 32 и 43 мм сильно перекрываются. Схожая ситуация наблюдалась и в более глубоководном

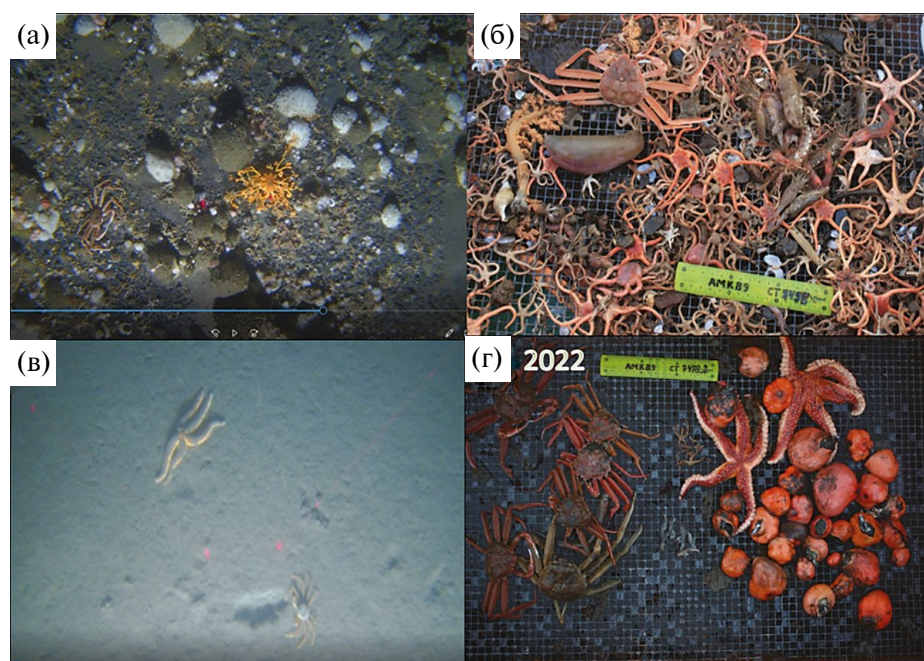


Рис. 2. Характерные фрагменты видео треков и уловов трала из северо-восточного района (ст. 7498, а) и б) соответственно) Карского моря и залива Благополучия (ст. 7478, в) и г) соответственно).

Таблица 3. Состав размерных групп *Chionoecetes opilio*, измеренных по видеоданным, и пойманных тралом Сигсби и в устройство отбора бентосных проб в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш”, 2022 г. Стадии роста соответствуют ранее полученным данным [39–41]

Станция	Орудие лова	Стадии роста (средняя ШК ± стандартное отклонение, мм)								
		V	VI	VII	VIII	IX	X	>X		
7473	Видео	—	—	23 ± 1	32 ± 4	43 ± 0.5	53 ± 5	61	76	—
	Трал+УБО	—	—	—	—	40 ± 2	50 ± 5	65 ± 3	—	—
7478	Видео	—	—	—	33 ± 2	40 ± 4	51 ± 4	63	—	—
	Трал	—	—	—	—	45 ± 3	—	58	—	—
7498	Видео	—	—	—	35	41 ± 3	—	—	—	—
	Трал	—	—	—	—	—	53	—	—	—
7501	Видео	—	—	—	—	41	—	—	—	—
7502	Видео	—	—	—	35	43 ± 3	50 ± 3	60	69	80
7503	Видео	—	19	—	33 ± 4	42	—	—	—	—
	Трал	—	—	—	—	—	51	—	—	—
7505	Видео	—	—	—	—	41	—	62	—	—
	Трал	—	—	—	—	41	—	—	—	—
7506	Видео	—	—	—	—	43 ± 5	50 ± 1	60 ± 1	—	—
	Трал	14	—	—	—	—	—	—	—	—
7507	Видео	—	—	—	35 ± 2	42 ± 3	50 ± 2	61 ± 3	75 ± 4	—
	Трал	14.5	—	—	—	47	—	70	—	—
Все вместе		14	19	23 ± 1	32 ± 4	40 ± 7	50 ± 3	61 ± 1	70 ± 3	80 ± 0.3

районе залива (ст. 7478), однако там и на видео, и по траловым сборам наиболее многочисленная размерная группа имела ШК около 40–45 мм. В 2022 г. крабы с шириной карапакса более 60 мм (максимальная ШК 76 мм) практически не отмечены при видео учете (рис. 4), однако были собраны с помощью УОБ в большем количестве, чем при помощи трала Сигсби. Единственная самка с икрой на плеоподах, пойманная в заливе, име-

ла ШК 42 мм, а половозрелые самцы были с ШК более 60 мм.

В центре Карского моря (ст. 7506, 7507) наиболее многочисленными были крабы с ШК около 43 и 50 мм. Однако только в этом районе в тралах были обнаружены молодые крабы с ШК 14 мм. Высокая мутность воды, как в заливе Благополучия, так и в центре Карского моря, не позволяет обнаружить малоразмерных крабов на видеозаписях,

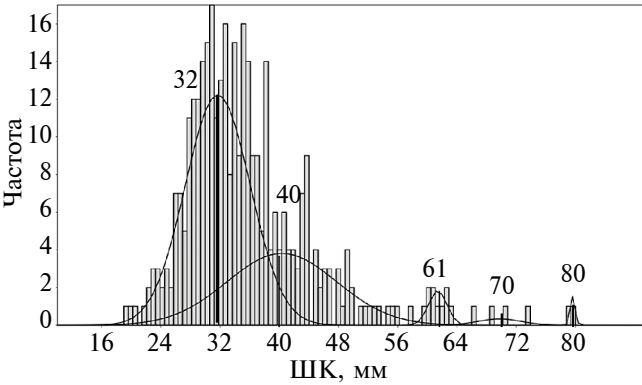


Рис. 3. Размерный состав *Chionoecetes opilio*, на основе всех видео данных, собранных в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш”, 2022 г. Количество особей и распределение по размерным группам приведены в таблице 1, 2 и 3.

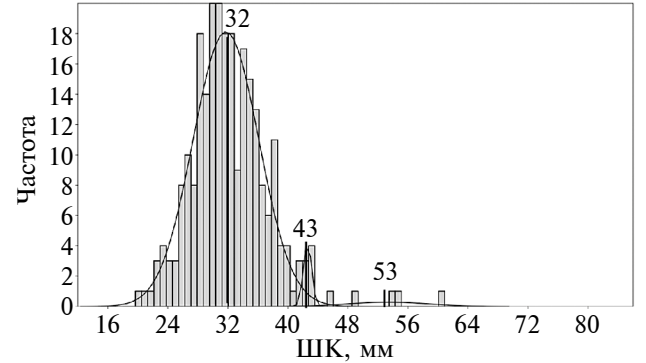


Рис. 4. Размерный состав *Chionoecetes opilio*, на выходе из залива Благополучия (ст. 7473) на основе видео данных, собранных в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш”, 2022 г. Количество особей и распределение по размерным группам приведены в таблице 1, 2, и 3.

к тому же они менее заметны при закапывании в грунт. Единственная самка с икрой на плеоподах, пойманная в центре Карского моря, имела ШК 47 мм, а 70-мм самец был половозрелым.

На всех станциях восточного разреза личинки краба не обнаружены (табл. 4). В заливе Благополучия в основном присутствовали личинки на стадии зоэа, и только единично встречались мегалопы. В более южной, центральной части Карского моря, напротив встречались в основном личинки на последней пелагической стадии — мегалопы, и только единичные находки на стадии зоэа.

Таблица 4. Количество и общая плотность личинок на стадии зоэа и мегалопа, собранных сетью Бонго в ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” в 2022 г.

Станция	Зоэа	Мегалопа	Личинки/м ²
7478	22	1	6.9
7494 – 7505	0	0	0
7506	3	31	6.9
7507	0	4	0.5

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” осенью 2022 г. впервые были обнаружены крабы-стригуны *Chionoecetes opilio* на востоке Карского моря, на разрезе от склона желоба Воронина (с глубин порядка 500 м) в сторону побережья Таймыра до островов Сергея Кирова. При этом в отличие от западной части моря, в этом районе нами были встречены только единичные крупные взрослые особи краба (табл. 3). Предыдущие подробные исследования донных сообществ в данном районе были проведены ИО РАН в 2013–2015 гг. [24], при этом положение ряда станций совпадало с нашими, и присутствие краба в этом районе не было зарегистрировано. Однако необходимо заметить, что в 2013–2015 гг. не было проведено видео наблюдений, а данные по мегабентосу были получены исключительно по траловым сборам, которые существенно менее эффективны для оценки численности подвижного краба-стригуна [40].

Наиболее восточное нахождение краба-стригуна по опубликованным данным — станция 128-38, выполненная в 2014 г. в 128-м рейсе НИС “Профессор Штокман” на глубине 125 м в координатах 77°53 N 80°15 E [39], где было поймано два крупных краба с шириной карапакса 80 мм. В работе С. В. Баканева и В. А. Павлова, 2020 [6]

есть указания на встречаемость краба-стригуна на станциях в районе 90° в. д. у островов Сергея Кирова в 2019 г, однако авторы не приводят размеров и плотности поселения крабов.

Личинки краба-стригуна опилио могут находиться в толще воды от 2 до 4 месяцев (редко до 8), а скорость их развития сильно зависит от доступности пищи, солёности и, в особенности, температуры воды [31, 34, 37, 38]. Карское море покрыто льдом большую часть года [17], однако с середины 2000-х годов в Карском море наблюдается общая для Арктики тенденция замедления образования льда осенью и более раннего его распада весной или в начале лета [40], и личинки имеют больше шансов успеть завершить развитие и осесть. Начало вселения *C. opilio* в бассейн Карского моря в середине 2000-х гг. [39] совпало с замедлением образования морского льда осенью и более раннего его разрушения весной [4]. В западную часть Карского моря личинки могли попадать из Баренцева моря, а с развитием западной популяции там могут производиться и оседать карскоморские личинки [16]. Таяние льдов сопровождается цветением воды, что является триггером для вылупления личинок крабов-стригунов [35]. Через пролив Карские Ворота в Карское море попадают тёплые солёные воды с юга Баренцева моря, где весеннее цветение наступает раньше, чем на севере Карского и Баренцева морей [22, 23]. Разница в начале цветения и различия в тепловых и соленостных характеристиках воды приводят к гетерогенности развития личинок в Карском море. Таким образом, личинки на юге Карского моря к сентябрю-октябрю 2022 г. уже достигли последней личиночной стадии — мегалопа, а более северные личинки в заливе Благополучия всё еще находились на стадии зоэа.

Восточная часть моря освобождается ото льда позже и покрывается льдом раньше, чем остальная акватория Карского моря. В этой части моря личинки краба-стригуна нами не были обнаружены. Они могут не попадать в этот район или не успевать развиваться и погибать в связи с присутствием пресной воды (сток рек, таяние льдов), низкой температурой и коротким безлёдным периодом.

Единственная попавшаяся в траловых сборах восточного разреза (ст. 7503) самка имела икру на плеоподах. Она была некрупной: ШК 51 мм. Такой небольшой размер у половозрелых особей, судя по всему, является характерным для крабов-стригунов в Карском море [8]. В заливе Благополучия и в центре Карского моря самки были еще меньше (ШК 42 и 47 мм соответственно).

Самцы, пойманные в трал на всех станциях восточного разреза, были неполовозрелыми. В то же время на видео наблюдались крабы с ШК до 80 мм, которые, скорее всего, являются половозрелыми [8]. Таким образом, присутствие половозрелых самцов и самок предполагает возможность воспроизводства восточного поселения краба-стригуна. Однако на Восточном разрезе молодь крабов не обнаружена ни на видео, ни в траловых пробах, несмотря на то, что мелкие крабы хорошо облавливаются тралом “Сигсби” [39] и попадались в ходе этой экспедиции в центральной части моря (ст. 7506, 7507). Это еще раз подтверждает, что личинки краба-стригуна не оседают в восточной части Карского моря, и все пойманные нами особи, скорее всего, пришли туда по дну.

Размеры всех обнаруженных нами крабов сопоставимы с ранее обнаруженными нами стадиям роста, а также литературными данными [8, 27, 33, 39–41]. Наименьшая, V размерная группа (ширина карапакса около 14 мм) соответствует крабам возраста около 3 лет и была найдена только в центре Карского моря, где и прежде наблюдалось оседание молоди [25]. В заливе Благополучия (ст. 7473 и 7478) и в центральной части моря (ст. 7506 и 7507) молодь крабов была обнаружена в 2014 г., и с тех пор проводились почти ежегодные наблюдения за развитием поселений краба в этих районах [8, 39–41]. В заливе Благополучия в 2016 г. количество мелких крабов в трале было очень велико (782 экз.). К 2018 г. наблюдался рост особей: основная масса достигла ШК 22 мм, а к 2020 ШК 32 мм [25]. Судя по всему, к 2022 г. основная масса подросла до 43 мм, если учитывать возможные ошибки в измерениях по видеоданным. Такой рост крабов и их биомассы сопровождался катастрофическими изменениями экосистемы залива, заключавшихся как в существенном уменьшении интегральных характеристик макробентоса — численности, биомассы и разнообразия — так и в смене доминирующих таксонов и видов [14, 25].

В центральной части моря плотность крабов не достигала таких высоких показателей, как в зал. Благополучия, однако, там постоянно присутствовали как взрослые особи, так и молодь крабов-стригунов. Анализ траловых сборов показал существенные изменения донной фауны этой части моря по сравнению с 2014 г. [18]. В 2022 г. плотность крабов в этих точках западного Карского моря (от 0.016 до 0.5 экз./м²) на порядок превышает таковую в Восточной части Карского моря (от 0 до 0.056 экз./м²).

Состояние мегабентосных донных сообществ восточной части моря существенно отличается как от центральной части, так и от залива Благополучия. По предварительным данным, как по траловым сборам, так и по видеонаблюдениям, здесь на всех станциях отмечены богатые донные сообщества с преобладанием иглокожих, среди которых доминируют офиуры *Opiopleura borealis*, *Ophiacantha bidentata*, *Opiocten sericeum*, морские лилии *Heliometra* spp. [21]. На данный момент краб-стригун не стал здесь доминирующим и ландшафтообразующим организмом, и мы не наблюдаем здесь заметных изменений донных мегабентосных сообществ, аналогичных зарегистрированным в других частях моря, где основу мегафауны составляют краб-стригун *Chionoecetes opilio*, крупные морские звезды *Urasterias lincki*, актинии *Hormatia digitata* и мягкие кораллы *Gersemia* spp. [21]. Офиуры, составлявшие там, в 2014–2016 гг., до 90% биомассы и численности донных сообществ, практически исчезли, как и крупные изоподы [14, 18].

ВЫВОДЫ

Крабы-стригуны *Chionoecetes opilio* впервые обнаружены в восточной части Карского моря, начиная с глубины 490 м. В отличие от западной части моря, на данный момент краб-стригун не стал здесь доминирующим и не оказал влияние на состояние донных сообществ. Необходимо отметить, что в восточной части моря на дне были обнаружены только крупные особи, и не было поймано ни одной крабовой личинки, что свидетельствует о донном проникновении краба в эти районы. Возможно, следует ожидать дальнейшее развитие популяции краба-стригуна на востоке Карского моря в связи с тенденциями удлинения безледового периода в Арктике.

Благодарности. Сотрудники отряда выражают глубокую признательность капитану Ю.Н. Горбачу и штурманской службе судна за обеспечение заборных работ, боцману И.В. Рыбину, А.Б. Басину и А. Кудикову за помощь при палубных работах. Особая благодарность научному руководству 89-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” во главе с академиком М.В. Флинтом за поддержку в проведении исследований

Источники финансирования. Судовые работы и сбор материала проведены в рамках государственного задания ИО РАН (№ FMWE-2021-0002). Обработка и анализ проб выполнен за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-17-00156).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов И.М., Залота А.К., Лесин А.В., Муравья В.О. Особенности исследования биологических и техногенных объектов с использованием глубоководных буксируемых аппаратов // Океанология. 2023. Т. 63. № 5. С. 840–852.
2. Анисимов И.М., Муравья В.О. Лесин А.В. Измерение объектов на поверхности дна по данным видеоизображений с лазерной масштабной линейкой // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023) / Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Том I. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023. С. 237.
3. Анисимова Н.А., Фролова Е.А., Любин П.А. и др. Видовой состав и количественное распределение макробентоса в районе желоба Воронина и на прилегающей части континентального склона // Фауна беспозвоночных Карского, Баренцева и Белого морей (информатика, экология, биогеография). Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 79–91.
4. Ашик И.М., Карклин В.П. Кириллов С.В. и др. Воздействие изменения климата на морские природные системы // Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2014. С. 588–615.
5. Баканев С.В., Жак Ю.Е., Павлов В.А. Пространственное распределение краба-стригуна опилио в Баренцевом море // Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях / Ред. Соколов К.М. и др. Мурманск: ПИНРО, 2016. С. 74–84.
6. Баканев С.В., Павлов В.А. Перспективы промысла краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в Карском море // Вопросы рыболовства. 2020. Т. 21. № 4. С. 478–487.
7. Гаврило М.В., Спиридонов В.А., Романенко Ф.А. и др. Экспедиции проекта “Открытый Океан” в 2019 году. Сообщение первое: О2А2–2019: Северная Земля / Российские полярные исследования. 2020. № 2(40). С. 42–46.
8. Залота А.К. Размерная структура половозрелых крабов-стригунов *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) (Decapoda, Oregoniidae) в Карском море // Океанология. 2022. Т. 62. № 6. С. 933–942.
9. Залота А.К., Залота М.К., Анисимов И.М. и др. Специфика учета макрофауны на видеоданных БНПА “Видеомодуль” // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023) / Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Том I. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023. С. 140.
10. Зими́на О.Л. Находка краба-стригуна в Карском море // Биол. моря. Т. 40. 2014. С. 497–499.
11. Карское море. Экологический атлас. М.: ООО “Арктический научный центр”, 2016. 271 с.
12. Козловский В.В., Чикина М.В., Кучерук Н.В., Басин А.Б. Структура сообществ макрозообентоса юго-западной части Карского моря // Океанология. 2011. Т. 51. № 6. С. 1072–1081.
13. Кузьмин С.А., Ахтарин С.М., Менис Д.Т. Первые находки *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majidae) в Баренцевом море // Зоол. журн. 1998. Т. 77. № 4. С. 489–491.
14. Лепихина П.П., Басин А.Б., Кондарь Д.В. и др. Изменение количественных характеристик макро- и мейобентоса в заливе Благополучия с 2013 по 2020 гг. (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2022. Т. 62. № 2. С. 235–244.
15. Лесин А.В., Залота М.К., Залота А.К. Программная обработка видео данных БНПА “ВИДЕОМОДУЛЬ” для повышения эффективности исследований состава и плотности макробентоса // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023) / Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Том I. — М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023. С. 144.
16. Липухин Э.В., Симакова У.В., Залота А.К., Мишин А.В. Происхождение личинок краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в Карском море / Океанология, в печати.
17. Полухин А.А., Загреддинова Д.Р. Океанографическая характеристика Карского моря // Карское море. Экологический атлас / М.: ООО “Арктический научный центр”, 2016. С. 53–76.
18. Руднева Е.В., Удалов А.А., Залота А.К., Чикина М.В. Изменения донных сообществ центральной части Карского моря в результате вселения краба-стригуна *Chionoecetes opilio* // Труды XI Международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022” Том III (IV): Тверь: ООО “ПолиПРЕСС”, 2022. С. 320–324.
19. Соколов А.М. Интродукция краба-стригуна в Карское море. Пример дальнейшей адаптивной стратегии этого вида в российском секторе Арктики (по результатам исследований ПИНРО в 2013 г.) // Рыбное хозяйство. 2014. № 6. С. 63–67.
20. Удалов А.А., Анисимов И.М., Муравья В.О. и др. Различия сообществ мегабентоса восточной и западной частей Карского моря по результатам видеонаблюдений // Океанология. 2024. Т. 64. № 2. С. 332–343.
21. Удалов А.А., Анисимов И.М., Муравья В.О. и др. Исследования донной фауны в 89 рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш” с использованием БНПА “Видеомодуль” // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2023) / Материалы XVIII международной научно-технической конференции. Том I. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2023. С. 155

22. Шука С.А., Кременецкий В.В., Недоспасов А.А., Корж А.О. Структура течений в проливе Карские Ворота. Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований // Материалы научной конференции “Экосистема Карского моря. Новые данные экспедиционных исследований”. М.: АПР, 2015. С. 39–43.
23. Шука С.А., Кременецкий В.В., Недоспасов А.А., Корж А.О. Структура течений Карского моря. Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований // Материалы научной конференции “Экосистема Карского моря. Новые данные экспедиционных исследований”. 2015. М.: АПР. С. 34–39.
24. Экосистемы морей Сибирской Арктики. Материалы экспедиционных исследований 2015 и 2017 гг. М.: АР, 2018. 232 с.
25. Экосистемы Карского моря и моря Лаптевых: Экспедиционные исследования 2016 и 2018 гг. М.: ИП Ерхова И.М., 2021. 368 с.
26. Akaike H. A new look at the statistical model identification // IEEE Transactions on Automatic Control. 1974. V. 19. P. 716–723.
27. 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. № 2. P. 459–477.
28. Denisenko N.V., Rachor E., Denisenko S.G. Benthic fauna of the Southern Kara Sea // Siberian river run-off in the Kara Sea. Elsevier Ltd., 2003. P. 213–236.
29. Gerasimova A.V., Filippova N.A., Lisitsyna K.N. et al. Current state of macrobenthos in the southwestern Kara Sea // Continental Shelf Research. 2021. V. 224. 104452.
30. Hammer Ø. PAST: Paleontological STudies Version 3.0: Reference Manual. Natural History Museum. Oslo. 2013. <http://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>
31. Huserbråten M., Hjelset, A.M., Danielsen, H.E.H. et al. Modelled dispersal of snow crab (*Chionoecetes opilio*) larvae and potential settlement areas in the western Barents Sea // ICES Journal of Marine Science. 2023. V. 80. № 5. P. 1342–1350.
32. Jørgensen L.L., Pearson T.H., Anisimova N.A. et al. Environmental influences on benthic fauna associations of the Kara Sea (Arctic Russia) // Polar Biology. 1999. V. 22. № 6. P. 395–416.
33. 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.
34. Pohle G.W. Larval development of Canadian Atlantic orgoniid crabs (Brachyura: Majidae), with emphasis on *Hyas coarctatus alutaceus* Brandt, 1851, and a comparison with Atlantic and Pacific conspecifics // Canadian Journal of Zoology. 1991. V. 69. № 11. P. 2717–2737.
35. Starr M., Theriault J.C., Conan G.Y. et al. Larval release in a sub-euphotic zone invertebrate triggered by sinking phytoplankton particles // Journal of Plankton Research. 1994. V. 16. № 9. P. 1137–1147.
36. Squires H.J., Dawe E.G. Stomach content of snow crab from the Northeast Newfoundland Shelf // J. Northwest Atl. Fish. Sci. 2003. V. 32. P. 27–38.
37. 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.
38. Yamamoto T., Yamada T., Fujimoto H., Hamasaki K. Effects of salinity on snow crab (*Chionoecetes opilio*) larval survival and development under laboratory conditions // Journal of Shellfish Research. 2015. V. 34. № 2. P. 499–504.
39. Zalota, A.K., Spiridonov, V.A., Vedenin, A.A. Development of snow crab *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Decapoda: Oregonidae) invasion in the Kara Sea // Polar Biology. 2018. V. 41. № 10. P. 1983–1994.
40. Zalota A.K., Zimina O.L., Spiridonov V.A. Combining data from different sampling methods to study the development of an alien crab *Chionoecetes opilio* invasion in the remote and pristine Arctic Kara Sea // PeerJ. 2019. 7: e7952 <http://doi.org/10.7717/peerj.7952>
41. Zalota A.K., Spiridonov V.A., Galkin S., Pronin A.A. Population structure of alien snow crabs (*Chionoecetes opilio*) in the Kara Sea (trawl and video sampling) // Oceanology. 2020. V. 60. № 1. P. 83–88.

FIRST FINDINGS OF INVASIVE SNOW CRAB, *CHIONOECETES OPILIO* (O. FABRICIUS, 1788) (DECAPODA, OREGONIIDAE) IN THE EASTERN PART OF THE KARA SEA

**A. K. Zalota*, A.A. Udalov, M. V. Chikina, D. V. Kondar, I. V. Lyubimov,
E. V. Lipukhin, I. M. Anisimov, A. V. Lesin, V. O. Muravya, A. V. Mishin**

Shirchov Institute of Oceanology. Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

** e-mail: azalota@gmail.com*

During the 89th cruise of the R/V Akademik Mstislav Keldysh in September-October 2022, a study of the bottom communities of the Kara Sea was carried out using the bottom trawl Sigsby and the ROV Videomodul, as well as plankton sampling using Bongo net in order to register crab larvae in the water column. In the eastern part of the Kara Sea, in the section from the Voronin Trough towards the coast of Taimyr, starting from a depth of 490 m, single large individuals of the snow crab were found for the first time. At the same time, not a single crab larvae was caught, which indicates the penetration of the adult stages of the snow crab into these areas along the bottom. On the contrary, in the western part of the sea and in the Bay of Prosperity, high numbers of all size groups of snow crab at the bottom, as well as crab larvae in the water column were observed. Differences in the speed and nature of the introduction of the snow crab are explained by the contrast of the ice conditions in the western and eastern regions of the Kara Sea. Possibly, further development of the snow crab population in the east of the Kara Sea should be expected in connection with the tendencies for an increase in the duration of the ice-free period in the Arctic.

Keywords: Kara Sea, opilio snow crab, alien species, size structure