

УДК- 595.384.2–116(268.45+268.52)

ТРАВМИРОВАННОСТЬ КАК ИНДИКАТОР ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОМЫСЛА КРАБА-СТРИГУНА ОПИЛИО (*CHIONOECETIS OPILIO*) В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

© 2024 г. С. В. Баканев

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (“ПИНРО” им. Н.М. Книповича), Мурманск, Россия

e-mail: bakanev@pinro.vniro.ru

Поступила в редакцию 28.08.2023 г.

После доработки 20.12.2023 г.

Принята к публикации 28.12.2023 г.

Представлен анализ динамики травмированности краба-стригуна опилио в уловах, полученных в ходе научно-исследовательских съемок в 2008–2022 гг., а также наблюдателями в ходе промысла этого вида в российской части Баренцева моря в 2014–2022 гг. Средняя доля травмированных особей в уловах научно-исследовательских съемок возросла с 5–11% в 2008–2010 гг. до 45% в 2022 г. Прирост доли травмированных особей выше у крупных самцов. Результаты моделирования показали, что увеличение доли травмированности особей в период, предшествующий промысловой эксплуатации, связан с увеличением внутривидового взаимодействия животных, а в период активной промысловой эксплуатации – с промысловым прессом на популяцию, когда в процессе обработки улова часть особей, в том числе травмированных при поимке, возвращаются в море.

Ключевые слова: краб-стригун опилио, Баренцево море, травмированность конечностей, плотность популяции, интенсивность промысла

DOI: 10.31857/S0030157424040062, EDN: PRRKFD

ВВЕДЕНИЕ

Краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788)) является широко распространенным видом, чей ареал охватывает воды трех океанов: Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого [5, 12, 17, 20, 22, 43, 52]. В современный ареал объекта входят также воды Баренцева и Карского (западная часть) морей, где особи, начиная с последних десятилетий XX в., образуют достаточно стабильные скопления [8, 9, 15, 21]. Результаты систематического мониторинга в Баренцевом море в начале XXI в. показывают, что краб-стригун опилио образовал самовоспроизводящуюся популяцию, занимающую обширную акваторию. За период исследований в 2005–2022 гг. площадь распространения этого вида увеличилась более чем в 10 раз, а численность возросла на три порядка, достигнув промысловой значимости [2, 22].

Несмотря на сравнительно длительную историю акклиматизации и биомониторинга опилио в Баренцевом море, до настоящего времени многие вопросы его биологии, в том числе важные

для промысла, остаются малоизученными. В литературе отсутствуют оценки популяционного роста, пополнения и смертности; динамики личиночных процессов; степени травматизма особей в популяции, а используемые характеристики носят фрагментарный характер [22]. Многие биологические параметры (например, пополнение или смертность), отражающие состояние популяции, недоступны для прямого наблюдения и для их оценки требуется как многолетний мониторинг, так и специальный математический аппарат. Однако некоторые биологические показатели возможно без труда оценить посредством прямого полевого анализа уловов научно-исследовательских съемок или промысла. Одним из таких критериев, отражающим состояние популяций десятиногих ракообразных, в том числе крабов-стригунов опилио, могут служить данные по распространенности среди представителей того или иного вида из разных мест обитания животных с травмированными ходильными конечностями [42]. Отсутствие конечностей, а также травмированность у промысловых ракообразных

может быть связана как с процессами аутономии, так и влиянием антропогенных факторов. Аутономия у членистоногих широко распространена, чему способствует сильная сегментированность тела [30, 31, 33, 38, 54]. Процессы аутономии ракообразных были хорошо изучены в прошлом веке [34, 49, 50, 56]. Высокая доля травмированных особей без конечностей может свидетельствовать как об острых внутривидовых взаимодействиях, когда крупные особи “подавляют” мелких [36, 44, 48], так и неблагоприятных контактах с хищниками [4, 18, 24, 25, 39, 45–47, 53]. Несмотря на значительную роль естественных факторов, причиной утраты конечностей у промысловых ракообразных может быть хэндинг (от англ. *handling* – различные ручные операции, связанные с выборкой улова из ловушек, сортировкой крабов и частичного возврата их в естественную среду), который может вносить существенный вклад в увеличение доли поврежденных крабов в акваториях их промысла [10]. Кроме того, одним из источников травмированности может являться воздействие трала на бентосные организмы при промысле донных видов рыб и креветок [6, 32, 51]. Таким образом, частота встречаемости крабов без одной, двух и большего количества ног может свидетельствовать как о напряженности внутри- и межвидовых взаимодействий крабов в естественной среде, так и указывать на степень промыслового пресса в эксплуатируемых популяциях.

В настоящей работе впервые выполнен пространственно-временной анализ травмированности крабов-стригунов опилио, вида, стихийно вселившегося в Баренцево море в конце XX в. Изучено влияние естественных и антропогенных факторов на потерю их конечностей, а также предпринята попытка оценить связь травматизма с популяционной плотностью и интенсивностью промысла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные Полярного филиала ФГБНУ “ВНИРО” по уловам краба-стригуна в Баренцевом море, полученные в ходе комплексной российско-норвежской экосистемной съемки в 2008–2022 гг., а также данные наблюдателей в ходе промысла этого вида в российской части Баренцева моря в 2014–2022 гг. Кроме того, были использованы данные о первых эпизодических приловах краба-стригуна опилио в 1996–2007 гг., отмеченных в уловах как в ходе научно-исследовательских съемок, так и по дан-

ным наблюдателей на донном траловом промысле рыб и креветки.

Ежегодные экосистемные съемки проводились по стандартной методике в летне-осенний период и охватывали большую часть акватории Баренцева моря и прилегающих вод на площади, в средней составляющей около 1500 тыс. км² [37]. Сбор материала осуществляли донным тралом Campelen с горизонтальным раскрытием 25 м, вертикальным – 5 м и вставкой в кутовой части из дели с ячейей 22 мм. Количество донных тралений, выполненных за съемку, варьировало от 235 до 493. Анализ уловов опилио в ходе промысла проводился наблюдателем на промысловых судах, оснащенных коническими и трапециевидными ловушками. Количество проанализированных уловов, выполненных за промысловый сезон, варьировало от 33 до 103 (рис. 1; табл. 1).

Сбор и обработку биологического материала выполняли в соответствии с методиками, принятыми в Полярном филиале ФГБНУ “ВНИРО” [13]. Биологический анализ краба-стригуна включал в себя промеры ширины карапакса (ШК)

Таблица 1- Характеристика первичного материала по крабу-стригуну опилио, собранного в ходе экосистемных съемок в 2008–2022 гг. и промысла в 2014–2022 гг. в Баренцевом море

Год	Экосистемные съемки			Промысел	
	Кол-во тралений	Кол-во тралений с крабом	Кол-во биологических анализов	Кол-во проанализированных уловов	Кол-во биологических анализов
2008	452	77	581	–	–
2009	387	66	284	–	–
2010	331	58	386	–	–
2011	401	84	1182	–	–
2012	455	121	1970	–	–
2013	493	132	2756	–	–
2014	304	87	2814	101	13907
2015	335	89	1867	33	4942
2016	311	84	1372	59	10205
2017	350	131	4009	34	4868
2018	235	62	1981	85	13149
2019	322	105	3870	79	9697
2020	459	142	2858	32	4795
2021	341	105	1518	76	10649
2022	301	93	697	103	12901

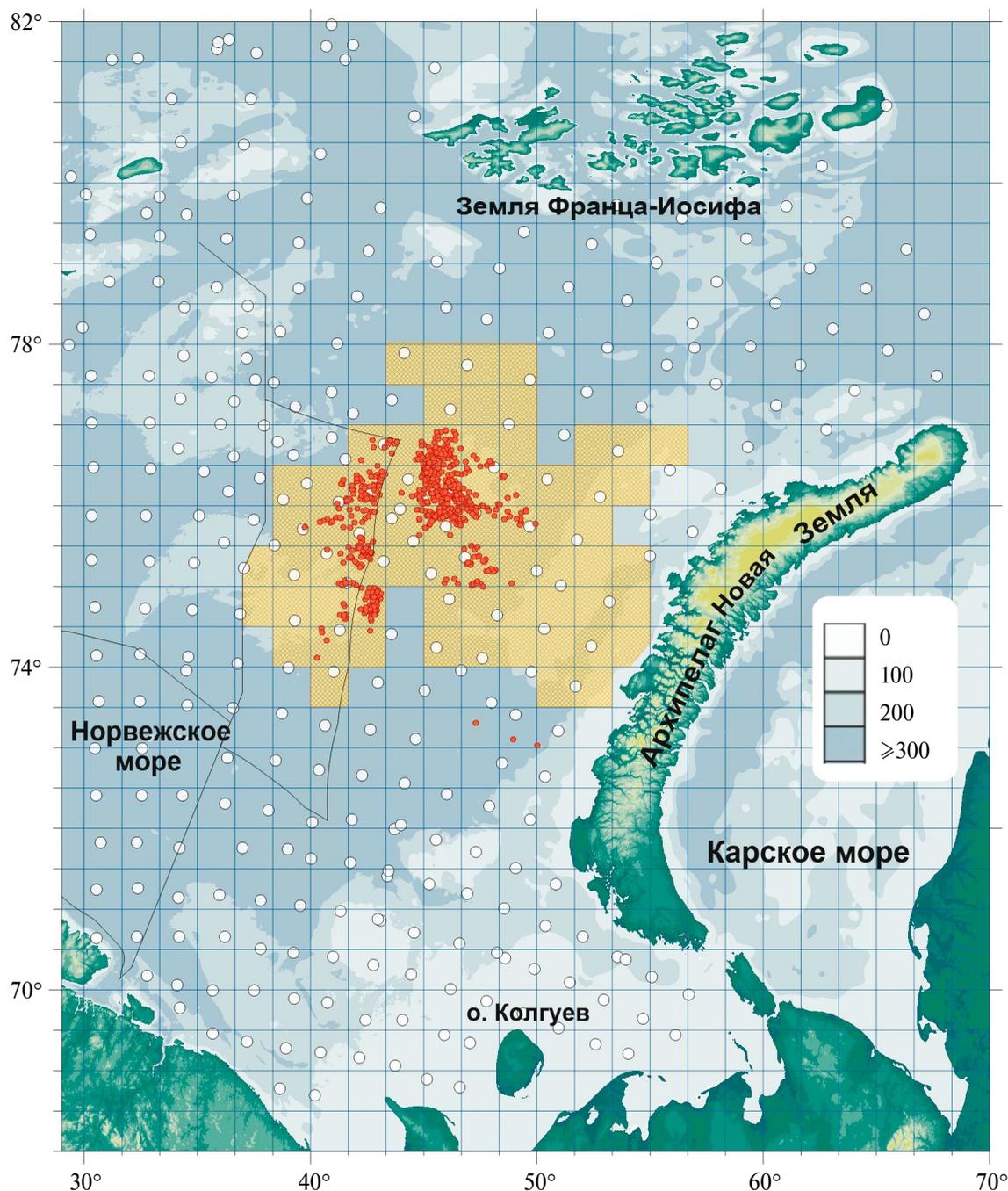


Рис. 1. Положение траловых станций в ходе экосистемной съемки (белые точки) и станций отбора проб наблюдателями (красные точки), а также акватория российского промысла крабов-стригунов опилио (желтые полигоны) в Баренцевом море в 2008–2022 гг.

и высоты клешни у самцов, взвешивание, определение пола, межлиночной категории, состояния конечностей (учитывалась их сохранность, определялись новые или старые травмы, при наличии регенерированной конечности отмечался процент восстановления конечности и наличие язв). Для анализа доли травмированных особей в улове учитывались особи со старыми травмами при которых отсутствовала одна и более конечностей.

К промысловым самцам относились крупные особи с шириной карапакса равной и более 100 мм; к непромысловым – особи с меньшими размерами.

Кроме того, для анализа взаимосвязи доли травмированности и антропогенных факторов была использована информация о промышленной деятельности российских и иностранных судов, поступающая через отраслевую систему

мониторинга ВБР от ФГБУ “Центр системы мониторинга рыболовства и связи”. Анализировали информацию по каждой промысловой операции каждого промыслового судна, ведущего ловушечный промысел краба-стригуна опилио и донный траловый промысел рыб и креветки в полигонах, имеющих данные о доли травмированных особей в уловах краба-стригуна опилио в ходе экосистемных съемок и промысла.

Для анализа пространственно-временной взаимосвязи доли травмированных особей с природными и антропогенными факторами акватория Баренцева моря была разбита на полигоны регулярной сеткой с шагом 0.25° с. ш. и 0.5° в. д. Западная часть рассматриваемого участка была ограничена пределами Российской экономической зоны. Северная граница соответствовала 81 -й параллели с. ш. Южная и восточная границы соответствовали береговой линии материка и архипелага Новая Земля. Кроме порядкового номера, года и координат, атрибуты полигона для предварительного анализа данных включали в себя зависимую переменную — долю травмированных особей на полигоне — и ряд независимых (объясняющих) переменных. В качестве факторов среды были использованы:

1) глубина (D , м), взятая из глобальной геодезической базы данных (<http://topex.ucsd.edu/>);

2) размер частиц грунта (S , мм), полученный на основании оцифровки карт 1933–1943 гг. Государственного океанографического института, а также электронных карт норвежского проекта Mareano (<http://www.mareano.no/>);

3) придонная температура ($Temp$, $^\circ\text{C}$), горизонтальный градиент температуры ($^\circ\text{C}/\text{км}$) и соленость (‰), рассчитанные в каждом полигоне интерполяционным методом Кригинга [23] на основе фактических измерений, полученных в ходе экосистемных съемок последних лет (2010–2022 гг.);

4) скорость ($Speed$, м/с) и направление ($CurDir$, $^\circ$) течений, рассчитанные с помощью трехмерной численной гидродинамической модели [26] на основе фактических измерений, полученных в ходе экосистемной съемки 2013 г.;

5) средние уловы (MCC , кг на морскую милю) всех гидробионтов, а также отдельно по видам или группам видов (краб-стригун опилио, северная креветка, североатлантическая треска, пикша, морская камбала, камбала-ерш, зубатка полосатая, зубатка пестрая, зубатка синяя, скаты), рассчитанные для каждого полигона по годам;

6) средние уловы ($MSCC$, кг на морскую милю) краба-стригуна опилио по размерно-половым категориям (общий улов, улов самцов, самок,

непромысловых и промысловых самцов, самок с икрой и без икры);

7) средний размер (CW , ширина карапакса, мм) краба-стригуна опилио в уловах в полигоне по годам по данным экосистемных съемок;

8) индекс биомассы краба-стригуна опилио (B , тыс. т) в Баренцевом море, рассчитанный с помощью продукционной модели [55].

В качестве антропогенных факторов были использованы:

1) промысловый вылов (t) краба-стригуна опилио в полигоне в году t ($SCC1$), а также суммарный вылов в годах $t, t-1$ ($SCC2$) и $t, t-1, t-2$ ($SCC3$);

2) кумулятивный годовой промысловый вылов опилио с начала промысла в 2013–2022 гг. (CC);

3) средний улов краба на судно-сутки лова в полигоне в году t ($CPUE$);

4) суммарное время (ч) тралений в ходе донного промысла рыб и креветки в полигоне в году t ($TD1$), а также суммарное время в годах $t, t-1$ ($TD2$) и $t, t-1, t-2$ ($TD3$);

5) суммарный вылов (t) гидробионтов в ходе донного промысла рыб и креветки в полигоне в году t ($SCG1$), а также суммарный вылов в годах $t, t-1$ ($SCG2$) и $t, t-1, t-2$ ($SCG3$).

Предварительный статистический анализ включал построение корреляционной матрицы между переменными и выявление статистически значимых ($p < 0.05$) связей. Корреляционные матрицы строились для долей травмированных самцов и самок в уловах экосистемных съемок для всей акватории российской части Баренцева моря, а также отдельно для районов, где когда-либо наблюдался промысел опилио и отсутствовал таковой.

Далее для моделирования взаимосвязи доли травмированности и статистически значимых факторов из числа перечисленных выше использовали обобщенные и аддитивные модели (GLM и GAM). Процедура выбора наилучшей модели была построена на серии машинных экспериментов, которые сводились к последовательному тестированию вариантов модели, полученных путем различных комбинаций всех предварительно отобранных наборов независимых параметров и типов функций связи. Для итоговых расчетов выбирали модель с наименьшим значением информационных критериев Акаике (AIC) и Шварца (BIC), а также среднеквадратической ошибки (MSE) [1, 16, 28, 29, 35].

Для геостатистических расчетов и тестирования моделей использовали среду R [<https://www.R-project.org/>] с дополнительными

пакетами *PBSmapping* [<https://cran.r-project.org/web/packages/PBSmapping/>] и *mgcv* [<https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/>].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период первых эпизодических поимок краба-стригуна опилию и в начале его регулярного мониторинга в рамках экосистемных съемок в Баренцевом море в 1996–2005 гг. особи с отсутствующими конечностями регистрировались регулярно, а их средняя доля в уловах не превышала 14% у самцов и 13% у самок. С 2008 г. опилию начал регулярно встречаться в уловах экосистемных съемок, а средняя доля травмированности крабов ежегодно варьировала скачкообразно, но постепенно возрастала. В начальный период его мониторинга с 2008 по 2011 гг. средняя доля травмированных особей для крабов разных размерных групп варьировала от 5 до 11% для самцов и от 3 до 8% для самок. Снижение средней доли травмированности краба по сравнению с данными первых поимок объясняется высокой долей молоди краба в уловах экосистемных съемок, чья травмированность существенно ниже крупных особей. В уловах 1996–2011 г. ежегодная доля травмированных особей среди крупных промысловых самцов варьировала несущественно в пределах 13–16%, как в приловах специализированных съемок, так и в экосистемных съемках. В 2012–2014 гг., в период вспышки численности популяции, среднегодовая доля травмированных крабов в уловах экосистемных съемок возросла в среднем на 8% для самцов и 10% для самок. При этом доля травмированных промысловых самцов (23–24%) в уловах в экосистемных съемках в период открытия промысла (2013–2014 гг.) весьма близка аналогичным значениям, отмеченным для уловов на промысле краба (25%). С 2016 по 2022 г.

наблюдалась тенденция к увеличению среднегодовой доли травмированных особей в уловах как по данным экосистемных съемок, так и в промысловых уловах. В 2022 г. были отмечены максимальные доли травмированных самцов и самок краба-стригуна опилию в уловах в российской части Баренцева моря (рис. 2).

За весь период исследований (2008–2022 гг.) доля травмированных самцов (19%) в среднем была на 3% выше, чем самок. В 2014–2022 гг., т. е. в период промысла, доля травмированных крупных самцов (с ШК 80–150 мм) в уловах экосистемных съемок в среднем была ниже на 2% доли травмированных самцов аналогичных размеров в промысловых уловах. Это, по всей видимости, связано с тем, что экосистемная съемка проводится не только в районах промысла, но и за пределами плотных промысловых скоплений, где существенно ниже антропогенное и внутривидовое воздействие.

Рассмотрим подробно динамику доли травмированных особей по размерно-половым группам в научных и промысловых уловах. В табл. 2 с цветовым градиентом хорошо заметны две закономерности: увеличение доли травмированности самцов с возрастанием ширины карапакса и года.

При этом ежегодный прирост доли травмированных самцов в уловах заметно выше у крупных самцов с ШК 100–130 мм по сравнению с молодежью. В среднем доля травмированных увеличивалась на 1.18%; 1.6%; 2.92% ежегодно у самцов с ШК 10–40, 50–90 и 100–133 мм, соответственно. Стоит отметить, что средняя доля травмированных с ШК 10–130 мм в 2018–2019 гг. ниже доли соседних лет по причине высокой пропорции молоди в уловах. Травмированность крупных промысловых особей в этот период постепенно повышалась с 33% в 2016 г. до 45% в 2020 г. Кро-

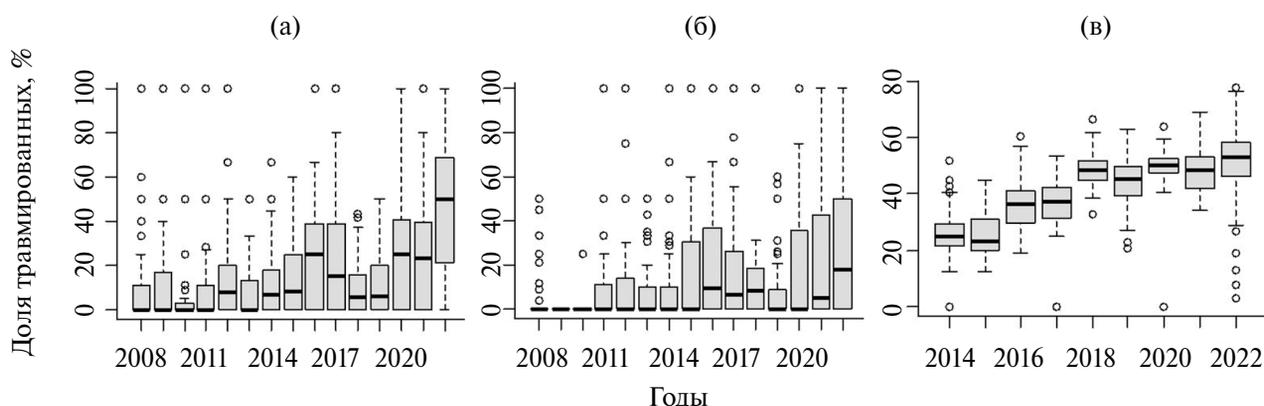


Рис. 2. Доля травмированных самцов (а) и самок (б) краба-стригуна опилию в уловах экосистемных съемок в 2008–2022 гг., а также доля травмированных самцов в уловах на промысле краба-стригуна опилию в Баренцевом море в 2014–2022 гг. (в).

Таблица 2. Средняя доля (%) травмированных особей разных размерных групп (ШК) самцов краба-стригуна опилио в уловах в российских водах Баренцева моря в 2008–2022 гг., оцененные по данным экосистемных съемок

Год/ШК	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	Средняя
2008	0	5	8	3	6	11	9	10	9	11	33	25	50	9
2009	0	10	3	0	20	0	14	0	14	27	23	13		11
2010	1	1	0	8	11	22	13	0	14	30	29	17	0	5
2011	8	4	3	6	9	5	7	17	19	3	16	14	25	8
2012	0	0	6	5	8	18	11	15	21	19	24	18	22	16
2013	3	2	5	7	7	16	16	16	17	25	22	24	23	12
2014	7	3	2	6	19	19	19	25	22	21	15	22	33	14
2015	9	6	12	10	43	33	30	37	16	34	26	28	13	21
2016	0	13	37	36	41	43	41	31	31	43	50	38	0	30
2017	0	2	5	20	18	35	47	48	52	37	32	27	42	26
2018	0	0	3	8	22	15	27	27	23	42	42	18	40	16
2019	0	1	5	7	8	18	26	28	35	44	27	35	39	13
2020	8	5	14	27	35	43	48	52	44	51	44	47	36	36
2021	0	14	17	34	43	48	49	42	43	52	64	19	38	30
2022	0	32	42	47	17	50	55	64	36	55	63	50	67	45
Средняя	2	4	10	14	15	27	28	30	27	32	29	26	32	19

ме того, была отмечена “диагональная” изменчивость доли травмированности, которая выражалась в увеличении доли в 2015, 2016 и 2017 гг. в последовательных размерных классах 50–60 мм, 50–70 мм и 70–90 мм соответственно. Менее четкая тенденция была отмечена в 2020–2022 гг. для размерных групп 40–80 мм по ширине карапакса. Такая закономерность может быть связана с неравномерным влиянием факторов среды или популяционных параметров на степень травматизма отдельных поколений. Например, высокоурожайные поколения образуют скопления высокой плотности, в которые внутривидовые взаимодействия встречаются чаще, чем у поколений низкой численности.

Сходные тенденции в изменчивости доли травмированности были выявлены для самок краба-стригуна опилио в уловах экосистемных съемок (табл. 3). Доля травмированных самок увеличивается с возрастанием ширины карапакса и года. В то же время не наблюдается отчетливой тенденции увеличения ежегодного прироста травмированности у более крупных особей, как это наблюдалось у самцов. Доля самок с отсутствующими конечностями в среднем незначительно ниже (на 0.5%), чем таковая для самцов аналогичных размеров. Однако, в целом, не учитывая размер животных, травмированность самок статистически ниже (на 3%), чем самцов,

Таблица 3. Средняя доля (%) травмированных особей разных размерных групп (ШК) самок краба-стригуна опилио в уловах в российских водах Баренцева моря в 2008–2022 гг., оцененная по данным экосистемных съемок

Год/ШК	10	20	30	40	50	60	70	80	Средняя
2008		5	3	3	0	10	25	10	8
2009			0	0	0	0	0	0	0
2010		0	5	0	0	0	17	0	3
2011	0	4	7	7	6	7	13	7	6
2012	0	0	3	8	9	12	12	16	11
2013	0	2	8	10	10	14	19	7	10
2014	0	4	1	9	14	19	9	14	9
2015	8	8	21	25	36	34	29	29	26
2016	0	16	38	36	40	40	22	0	30
2017	2	2	12	23	32	31	21	22	18
2018	0	1	5	10	24	29	24	28	13
2019	0	2	6	9	5	22	20	28	7
2020	0	4	13	32	43	40	24	78	31
2021	0	14	18	27	39	44	14	100	24
2022	0	13	42	50	38	78	50		39
Средняя	1	5	13	16	22	26	18	19	16

а для половозрелых особей разница увеличивается до 9%.

Данные о травмированности самцов краба-стригуна опилию на промысле при первичном визуальном анализе показывают положительную корреляцию с годом промысла (табл. 4). При этом в начале промысла (2014 г.) увеличение доли травмированных с увеличением ширины карапакса не наблюдается. В последующие промысловые сезоны наблюдается постепенная возрастающая тенденция уменьшения доли травмированных при увеличении размеров животного.

При этом ежегодный прирост доли травмированных самцов в уловах заметно ниже у крупных самцов с ШК 130–150 мм по сравнению с мелкими особями с ШК 80–100 мм, которые при их изъятии на промысле не идут в переработку, а в живом виде возвращаются в среду обитания. Стоит отметить, что доля травмированных самцов с ШК 80–130 мм на промысле выше (в среднем на 4%), чем в уловах в ходе экосистемных съемок в одни и те же годы.

Вышеприведенный визуальный анализ, а также корреляционный анализ взаимосвязи доли травмированности и года исследований показал положительную связь. Однако связь оценивается по шкале Чеддока как слабая, но статистически значимая ($p < 0.001$). Для самцов и самок из уловов экосистемных съемок r равен 0.28 и 0.21, соответственно. Для самцов из промысловых уло-

Таблица 4. Средняя доля (%) травмированных особей разных размерных групп (ШК) самцов краба стригуна опилию в промысловых уловах в российских водах Баренцева моря в 2014–2022 гг., оцененная по данным наблюдателей

Год/ШК	80	90	100	110	120	130	140	150	Итого
2014	28	23	22	25	28	28	27	20	26
2015	29	33	30	26	20	22	21	28	25
2016	46	43	37	36	34	35	34	26	36
2017	49	43	43	35	34	36	35	45	38
2018	61	55	49	47	45	43	45	42	48
2019	55	57	56	48	40	38	34	26	45
2020	61	61	54	46	45	42	47	29	49
2021	57	57	54	49	45	41	48	18	49
2022	54	54	55	52	48	46	48	38	51
Итого	49	48	44	38	36	36	32	25	39

вов эта связь высокая и составляет 0.73 ($p < 0.001$) (табл. 5).

Положительная слабая, но статистически значимая ($p < 0.001$), взаимосвязь была отмечена также между долей травмированных особей и средним размером особей в улове экосистемных съемок — как самцов ($r = 0.27$), так и самок ($r = 0.17$). Однако по данным наблюдателей на промысле, отмечена отрицательная умеренная ($r = -0.42$) и статистически значимая ($p < 0.001$) взаимосвязь между вышеуказанными параметрами.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции и статистическая значимость связи между долей травмированных особей в улове и факторами времени и среды

Переменная	Доля (%) травмированных		
	самцов в уловах экосистемной съемки ($n = 15013$)	самок в уловах экосистемной съемки ($n = 9346$)	самцов в промысловых уловах ($n = 90283$)
Год	0.28***	0.21***	0.73***
Средняя ШК (мм) в улове	0.27***	0.17***	-0.42***
Индекс биомассы краба (т) в году t	0.19***	0.15***	0.54***
Кумулятивный годовой вылов (т) краба-стригуна с начала промысла	0.34***	0.20***	0.69***
Промысловый вылов (т) краба-стригуна опилию в полигоне в году за 3 года	0.09**	0.09**	0.55***
Промысловый вылов (т) рыб и креветки в полигоне за 3 года	0.08**	0.02*	0.24***
Суммарное время (ч) тралений в ходе донного промысла рыб и креветки в полигоне за 3 года	0.09**	0.01*	0.26***
Глубина, м	0.009*	0.02*	-0.2***

* — корреляция не значима (светло-зеленая заливка); ** — значима на уровне $p < 0.05$ (зеленая заливка); *** — значима на уровне $p < 0.001$ (темно-зеленая заливка).

Умеренная и слабая положительная корреляционная связь была отмечена между долей травмированных самцов в уловах экосистемных съемок и кумулятивным выловом стригуна в промысловые сезоны 2014–2022 гг., при этом для районов, где когда-либо проходил промысел коэффициент корреляции ($r = 0.34$) выше по сравнению с районами, где промысел отсутствовал ($r = 0.20$). Более тесная связь ($r = 0.69$) между вышеуказанными параметрами была отмечена для самцов из промысловых уловов.

Положительная корреляционная связь была отмечена между индексом биомассы краба-стригуна опилио в Баренцевом море и долей травмированных самцов ($r = 0.19$) и самок ($r = 0.15$) в уловах экосистемных съемок, а также долей травмированных самцов из промысловых уловов ($r = 0.53$).

Слабая положительная связь была отмечена для доли травмированных особей и серии промысловых параметров соответствующих полигонов: промысловый вылов краба, суммарный промысловый вылов рыб и креветки, суммарное время тралений в ходе донного промысла рыб и креветки в году t , а также суммарное время в годах t , $t - 1$ и $t - 1$, $t - 2$ (см. табл. 5). При этом существенных отличий в тесноте связи при использовании промысловой статистики за различные периоды лет обнаружено не было. Анализ связи доли травмированных особей с величиной уловов различных видов гидробионтов и отдельных размерно-половых категорий краба-стригуна опилио показал отсутствие таковой как в экосистемных съемках, так и в уловах в ходе промысла при анализе всего временного ряда. Стоит отметить, что статистически значимой связи доли травми-

рованных особей с факторами температуры, скорости и направления течений, размера частиц грунта и пр. выявлено не было, поэтому в дальнейший анализ эти параметры не включались.

Результаты моделирования взаимосвязи доли травмированности и статистически значимых факторов с использованием обобщенных (GLM) и аддитивных (GAM) моделей показали (табл. 6), что минимальные значения критериев AIC и максимальная доля объясненной дисперсии были получены для аддитивных моделей. Однако объясненная дисперсия для параметров, полученных по экосистемным съемкам, оценивалась как невысокая и не превышала 28% для самцов и 18% для самок.

Наибольшая объясненная дисперсия (72%) была получена для модели GAM, построенной на данных о травмированности крабов, полученных из промысловых уловов. При этом объяснительные переменные включали в себя кумулятивный вылов (CC), среднюю ширину карапакса в улове (CW), суммарный вылов гидробионтов в ходе донного промысла рыб и креветки за последние два года (SCG2, т). Более низкая объясненная дисперсия (54%) была получена для модели GLM на данных о травмированности крабов, полученных из промысловых уловов, однако она была значительно выше по сравнению с моделями, построенными на данных, полученных из научно-исследовательских уловов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Доля травмированных особей краба-стригуна опилио в уловах увеличивается с увеличением ширины карапакса, т. е. с возрастом. Это отчетливо проявляется по данным экосистемных съемок

Таблица 6. Информационные критерии и объясненная дисперсия для ряда обобщенных и аддитивных моделей взаимосвязи доли травмированных особей краба-стригуна опилио в уловах и комбинациями факторов времени и среды

Модель доли (%) травмированных:	Тип модели	Переменные*	AIC	BIC	MSE	Объясненная дисперсия, %
самцов в уловах экосистемной съемки	GLM	$Y + CW + CC + B + D + SCG1$	-260	-220	0.046	21.5
	GAM	$CW + CC + D + TDI$	-335	-245	0.042	28.1
самок в уловах экосистемной съемки	GLM	$Y + CW + B + D$	-243	-214	0.044	11.3
	GAM	$CC + CW + D + TDI$	-292	-215	0.041	18.1
самцов в промысловых уловах	GLM	$SCG2 + D + CW + CPUE$	4932	4959	103	54.4
	GAM	$CC + CW + D + SCG2$	4651	4775	65	72.,1

* Y – фактор года (только для GLM), CC – кумулятивный вылов опилио, CW – средняя ширина карапакса в улове, B – биомасса, D – глубина (м), TDI – суммарное время (ч) тралений в ходе донного промысла рыб и креветки, $SCG1$, $SCG2$ – суммарный вылов гидробионтов в ходе донного промысла рыб и креветки (т).

на всем исследовательском периоде (см. табл. 2 и 3). Такая естественная закономерность отмечалась для животных нативного ареала [14, 19, 27]. Однако в литературе встречается и обратная связь, когда травмированность уменьшается с увеличением ширины карапакса [10, 11, 40]. Кроме того, в разных районах одной акватории исследований могут встречаться разнонаправленные тенденции [10]. Такая тенденция (уменьшение доли травмированных с увеличением размеров) отмечается для баренцевоморских крабов, пойманных в промысловых уловах, т. е. крабов с ШК 80 мм и более (см. табл. 4). При этом травмируются крабы в значительной степени непромысловые (80–100 мм по ШК), которые неоднократно могут прилавливаться в ходе промысла и возвращаться в среду. Крупные промысловые крабы в большей степени идут на переработку и в меньшей возвращаются в среду по причине низких технологических качеств. Таким образом, для крупных крабов (с ШК 80–120 мм), которые облавливаются промыслом, отмечается обратная тенденция по сравнению с естественным фоновым распределением краба, находящимся вне зоны промысла.

Наиболее тесная связь была выявлена между долей травмированных особей из уловов экосистемных съемок и фактором года (Y), что говорит о наличии выраженного положительного тренда, связанного с ростом биомассы популяции на большом временном отрезке (2008–2019 гг.) исследовательского периода (рис. 3).

Наличие одинакового тренда в травмированности и популяционном росте очевидно связаны с увеличением плотности популяции в вышеуказанные годы. Из этого можно было бы предположить, что должна существовать тесная связь между величиной улова опилио ($MSCC$, кг на 1 кв. милю или экз. на 1 кв. милю) и долей травмированных особей в улове. Анализ доли травмированности от величины улова без учета фактора года показал, что такая связь существует, но не ярко выраженная. Для самок она очень слабая, но статистически значимая ($r = 0.08$; $p < 0.001$). Для самцов она существеннее и по шкале Чеддока определяется как слабая ($r = 0.41$; $p < 0.001$). Это может свидетельствовать о том, что самцы в более плотных поселениях склоны проявляться агрессивнее по отношению к друг другу в большей степени, нежели в менее плотных. При этом по отношению к самкам это закономерность практически не проявляется. Отсутствие ярко выраженной связи между плотностью распределения может объясняться высокой межгодовой вариативностью уловистости трала к бентосным организмам в ходе экосистемных съемок [3]. Вследствие этого параметр величина улова за траление в рамках всего временного ряда не может в полной мере соответствовать плотности распределения опилио на исследуемой акватории.

Синхронно с ростом популяции с 2014 г. увеличивался кумулятивный вылов краба (СС), т. е. усиливался антропогенный пресс на популяцию (см. рис. 3). При этом как объясняющая

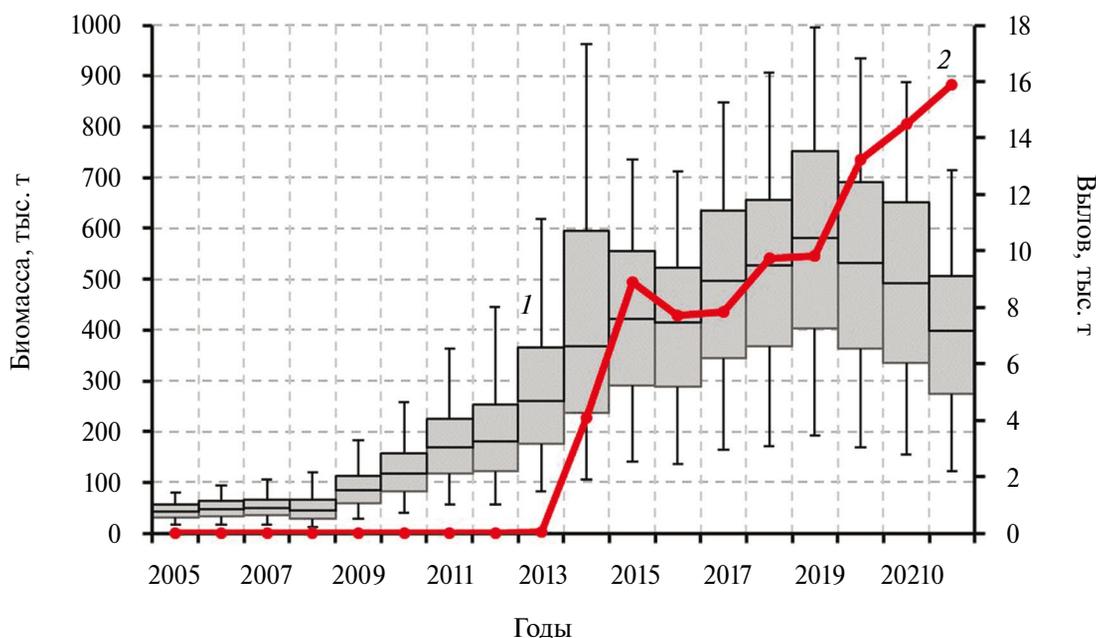


Рис. 3. Динамика биомассы промыслового запаса (1 – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал) и вылов (2) краба-стригуна опилио в российской части Баренцева моря в 2005–2022 гг.

переменная, кумулятивный вылов являлся главной компонентой линейных моделей связи доли травмированных из промысловых уловов. Таким образом, в районах промысла можно предположить, что главной причиной травм краба-стригуна опилио является промысловый пресс, выражающийся в однократной и многократной поимках крупных непромысловых самцов (80–100 мм по ШК) и промысловых самцов нетоварного качества.

Оценку вклада в травматизм последствий *хэн-длинга* и естественных причин можно выполнить путем сравнения крабов из районов промысла и районов, где он никогда не проводился. В период наиболее интенсивной промысловой нагрузки в 2018–2022 гг., основываясь на данных экосистемных съемок средняя доля травмированности особей из уловов, распределяющихся вне районов промысла составила 24% для всех размерных групп, и 28% для самцов 80–130 мм по ШК, тогда как в районах, где когда-либо проходил промысел – 31 и 47% соответственно. Стоит отметить, что в южных районах Баренцева моря (южнее 72°40' с. ш.), где отсутствовал промысел и отмечаются сравнительно низкие промысловые скопления краба, доля травмированных особей всех размерных групп в эти годы составила 12%.

Кроме воздействия прямого крабового промысла, в качестве антропогенного влияния на травмированность краба-стригуна опилио было оценено воздействие тралового промысла донных рыб и северной креветки. Включение поочередно факторов *TD* и *SCG* в *GLM* и *GAM*, показало, что значимыми объяснительными компонентами эти факторы являлись для моделей связи доли травмированности краба-стригуна опилио из уловов экосистемных съемок. Однако с учетом очень низкой общей объясненной дисперсии (18–28%) влияние вышеуказанных факторов на изменение доли травмированных не превышало 3–4%. Стоит отметить, что установленная корреляция может не являться прямой причинно-следственной связью, а иметь косвенный характер. Донные хищные рыбы, чьи скопления подвергаются активной промысловой эксплуатации, в свою очередь являются источником гибели и травматизма опилио [18, 24, 25, 45–47, 53]. Известно, что стригун в Баренцевом море стал объектом питания нескольких видов рыб: трески, пикши, камбалы-ерша, звездчатого ската, северного ската, арктического шлемоносного бычка и европейского керчака [4, 39]. Значение краба в питании массовых промысловых видов, в том числе трески, в последние годы значительно возросло. Расчеты,

выполненные для периода 2010–2020 гг. по стандартной методике, используемой в ПИПРО [7] показали, что ежегодное потребление крабов тресковой может составлять от 8 до 132 тыс. т [39, 41]. Вероятно, возросший пресс хищничества стал не только причиной возросшей естественной смертности краба-стригуна опилио, но и возросшей доли его травматизма.

Полученные нами данные позволяют сравнить показатели повреждения конечностей у краба-стригуна опилио из Баренцева моря с их величинами, отмеченными другими исследователями для опилио иных популяций. Сходные величины доли травмированных особей (50%) наблюдались в северо-западной части Берингова моря [11]. Весьма близкие значения (48%) отмечаются для популяции стригуна западной части Берингова моря, которая также подвергается эксплуатации [10]. При этом было отмечено, что для мелких особей (с ШК 70–100 мм) уровень травмированности был значительно ниже (30%) по сравнению с крупными животными (120–140 мм по ШК), у которых доля травмированных достигала 70% [19]. Высокий травматизм (до 41%) в скоплениях краба-стригуна опилио на западнокамчатском шельфе может быть связан с интенсивной эксплуатацией популяций ракообразных [27]. Сравнительно низкие средние величины (доля травмированных широкопалых самцов – 26%) были получены для Охотского моря. В то же время высокая вариативность доли травмированности (от 13 до 82%) отмечалась для различных исследовательских районов в этом регионе [14]. Таким образом, уровень травмированности краба-стригуна опилио баренцевоморской популяции в настоящее время соответствует уровню, который отмечается для эксплуатируемых популяций нативного ареала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы исследования (2016–2022 гг.) краба-стригуна опилио в Баренцевом море наблюдается тенденция к увеличению среднегодовой доли травмированных особей в уловах как по данным экосистемных съемок, так и в промысловых уловах. Средняя доля травмированных особей в уловах научно-исследовательских съемок возросла с 5–11% в 2008–2010 гг. до 45% в 2022 г. При этом ежегодный прирост доли травмированных самцов в уловах заметно выше у крупных самцов с ШК 100–130 мм по сравнению с молодью.

Средняя доля травмированных особей крупных самцов краба-стригуна опилио в промысловых уловах в 2014–2022 гг. увеличилась с 25 до

51%. При этом ежегодный прирост доли травмированных самцов в уловах заметно ниже у крупных самцов по сравнению с мелкими особями, которые на промысле не идут в переработку, а в живом виде возвращаются в среду обитания. Кроме того, доля травмированных крупных самцов на промысле статистически значимо выше (в среднем на 4%), чем в уловах в ходе экосистемных съемок в одни и те же годы.

Увеличение доли травмированности особей в период, предшествующий промысловой эксплуатации связан, по всей видимости, с увеличением плотности популяции и является следствием увеличения внутривидового взаимодействия животных. Увеличение степени травмированности в период активной промысловой эксплуатации связан главным образом с промысловым прессом на популяцию, когда в процессе обработки улова, часть особей, в том числе травмированных при поимке, возвращаются в среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. и др.* Оценка запасов и ОДУ минтая восточной части Охотского моря с использованием данных ИС “Рыболовство” // Тр. ВНИРО. 2014. Т. 151. С. 3–17.
2. *Баканев С.В.* Расселение и оценка возможного ареала краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море // Принципы экологии. 2015. Т. 4. № 3. С. 27–39.
3. *Баканев С.В.* Перспективы промысла краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. № 3. С. 286–303.
4. *Бензик А.Н., Долгов А.В.* Краб-стригун опилио в питании трески Баренцева моря // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН. 2016. С. 47–50.
5. *Виноградов Л.Г.* Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. 1950. Т. 33. С. 179–358.
6. Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий. Мурманск, 2013. 55 с.
7. *Долгов А.В.* Потребление аркто-норвежской трески промысловых рыб и беспозвоночных в 1984–1993 гг. // Проблемы рыбохозяйственной науки в творчестве молодых: сб. докл. конф. молодых ученых и специалистов ПИНРО (20–21 апр. 1995 г.). ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1995. С. 3–24.
8. *Залота А.К., Спиридонов В.А., Веденин А.А.* Краб-стригун (*Chionoecetes opilio*) – вид-вселенец в Карском море // Труды V международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование”. М.: МГУ, 2016. С. 326–328.
9. *Зимица О.Л.* Находка краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) (Decapoda: Majidae) в Карском море // Биология моря. 2014. Т. 40. № 6. С. 497–499.
10. *Иванов Б.Г.* Потери ног у крабов (Crustacea, Decapoda: Brachyura Majidae, Anomura Lithodidae) в западной части Берингова моря // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 180–205.
11. *Иванов П.Ю.* Травматизм краба-стригуна опилио и возможный учет самцов без конечностей при оценке общего промыслового запаса // Тезисы докладов 10 Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования, Мурманск, 6–8 окт., 2009. Мурманск, 2009. С. 66–68.
12. *Иванов Б.Г., Соколов В.И.* Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea Decapoda Brachyura Majidae) в Охотском и Беринговом морях // Arthropoda Selecta. 1997. Т. 6. Вып. 3–4. С. 63–86.
13. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 1 // Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 300 с.
14. *Карасев А.Н.* Краб-стригун опилио северной части Охотского моря (особенности биологии, запасы, промысел). Магадан: Новая полиграфия, 2014. 194 с.
15. *Кузьмин С.А., Ахтарин С.М., Менис Д.Т.* Первые находения краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majidae) в Баренцевом море // Зоол. журнал. 1998. Т. 77. № 4. С. 489–491.
16. *Кулик В.В., Пранц С.В., Будянский М.В. и др.* Связь запасов черного палтуса в Охотском море с факторами внешней среды // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200. № 1. С. 58–81.
17. *Макаров В.В.* Фауна Decapoda Берингова и Чукотского морей // Исследования дальневосточных морей СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР. 1941. Т. 1. С. 111–163.
18. *Орлов А.М.* Материалы по питанию белокорого палтуса *Hippoglossus stenolepis* (Pleuronectidae, Pleuronectiformes) тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях Южно-Сахалинск: Сах. обл. книж. изд-во. 1999. Т. 2. С. 136–142.

19. Селин Н.И. Травматизм краба-стригуна *Chionoecetes opilio* из западной части Берингова моря // Биология моря. 1998. Т. 42. № 4. С. 261–265.
20. Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. Промысловые крабы прикамчатских вод // Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика, 2000. 180 с.
21. Соколов А.М. Интродукция краба-стригуна опилио в Карское море. Пример дальнейшей адаптивной стратегии этого вида в российском секторе Арктики (по результатам исследований ПИНРО в 2013 г.) // Рыб. хоз-во. 2014. № 6. С. 63–68.
22. Соколов К.М., Павлов В.А., Стрелкова Н.А. и др. (ред.) Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях. Мурманск: ПИНРО. 2016. 242 с.
23. Титов О.В., Ожигин В.К., Гусев Е.В., Ившин В.А. Теория функционирования экосистемы Баренцева моря: промыслово-океанографические аспекты // Матер. отчет. сессии ПИНРО, посвященной 85-летию института. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2007. С. 176–192.
24. Токранов А.М. Особенности питания донных хищных рыб на западнокамчатском шельфе // Вопросы ихтиологии. 1992. Т. 32. Вып. 2. С. 119–128.
25. Токранов А.М. Питание липаровых рыб (Liparidae) в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов // Вопр. ихтиологии. 2000. Т. 40. № 4. С. 530–536.
26. Трофимов А.Г. Численное моделирование циркуляции вод в Баренцевом море. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. 42 с.
27. Федотов П.А., Селин Н.И. Травматизм крабов-стригунов *Chionoecetes bairdi* и *Ch. opilio* (Decapoda, Majidae) на шельфе восточной Камчатки // Известия ТИНРО. 2006. Т. 147. С. 103–114.
28. Черниенко И.С. Стандартизация производительности промысла краба-стригуна опилио западной части Берингова моря с использованием аддитивных линейных моделей // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201. № 2. С. 359–370.
29. Черниенко Э.П., Черниенко И.С. Стандартизация уловов на усилии тихоокеанской скумбрии *Scomber japonicus* в прикурильских водах // Известия ТИНРО. 2022. Т. 202. № 4. С. 850–860.
30. Acosta C.A. The house centipede (*Scutigera coleoptrata*: Chilopoda): controversy and contradiction // Journal of the Kentucky Academy of Science. 2003. V. 64. P. 1–5.
31. Apone P., Brown C.A. Between-sex variation in running speed and a potential cost of leg autotomy in the wolf spider *Pirata sedentarius* II American Midland Naturalist. 2005. V. 154. P. 115–125.
32. Armstrong D.A., Wainwright T.C., Jensen G.C. et al. Taking refuge from bycatch issues: red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and trawl fisheries in the Eastern Bering Sea // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1993. V. 50. P. 1993–2000.
33. Bateman P.W., Fleming P.A. To cut a long tail short: a review of lizard caudal autotomy studies carried out over the last 20 years // Journal of Zoology. 2009. V. 277. P. 1–14.
34. Bliss D.E. Autotomy and regeneration // The physiology of Crustacea / ed. by T.H. Waterman. New York: Academic Press, 1960. P. 561–589.
35. Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd ed. N.Y.: Springer, 2002. 488 p.
36. Dutil J.-D., Munro J., Peloquin M. Laboratory study of the influence of prey size on vulnerability to cannibalism in snow crab (*Chionoecetes opilio* O. Fabricius. 1788) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1997. V. 212. P. 81–94.
37. Gjøsvæter H., Prozorkevich D.V. et al. From single species surveys towards monitoring of the Barents Sea ecosystem // Progress in Oceanography. 2018. V. 166. P. 4–14.
38. Fleming P.A., Muller D., Bateman P.W. Leave it all behind: a taxonomic perspective of autotomy in invertebrates // Biological Reviews. 2007. V. 82. P. 481–510.
39. Holt R.E., Hvingel C., Agnal A. et al. Snow crab (*Chionoecetes opilio*), a new food item for North-east Arctic cod (*Gadus morhua*) in the Barents Sea // ICES Journal of Marine Science. 2021. V. 78. Iss. 2. P. 491–501.
40. Humborstad O.B., Eliassen L.K., Siikavuopio S.I. et al. Catches in abandoned snow crab (*Chionoecetes opilio*) pots in the Barents Sea // Marine Pollution Bulletin. 2021. V. 173. Part A. Art. 113001. 7 p.
41. ICES. Arctic Fisheries Working Group (AFWG) // ICES Scientific Reports. 2021. V. 3:58. 817 pp.
42. Ivanov B.G. Limb injuries in crab in the Bering Sea (Crustacea, Decapoda: Brachyura, Majidae; Anomura Lithodidae) // Arthropoda Selecta. 1994. V. 3. No. 3–4. P. 33–56.
43. Jadamec L.S., Donaldson W.E., Cullenberg P. Biological Field Techniques for *Chionoecetes* Crab. Published by University of Alaska Sea Grant College Program, Fairbanks. 1999. AK-SG-99-02. 80 p.
44. Jewett S.C. Predation on crabs of the genus *Chionoecetes*: a literature review // In: Proc. Int. Symp. genus *Chionoecetes*. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser., Alaska Sea Grant Rep. 82–10. University of Alaska, Fairbanks, Alaska. 1982. P. 521–538.
45. Jewett S.C., Powell G.C. Summer food of the sculpins, *Myoxocephalus* spp. and *Hemilepi-dotus jordani*, near Kodiak Island, Alaska // Mar. Sci. Commun. 1979. V. 5. No. 4–5. P. 315–331.
46. Lilly G.R. Interannual variability in predation by cod (*Gadus morhua*) on capelin (*Mallotus villosus*) and other prey off southern Labrador and northeastern Newfoundland // ICES Mar. Sci. Symp. 1991. V. 193. P. 133–146.
47. Livingston P.A. Interannual trends in Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, predation on three commercially important crab species in the eastern Bering Sea // Fish. Bull. 1989. V. 87. № 4. P. 807–827.

48. 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.
49. Mariappan P., Balasundaram Ch., Schmitz B. Decapod crustacean chelipeds: an overview // Journal of Biosciences. 2000. V. 25. P. 301–301.
50. McVean A. Autotomy // Comparative Biochemistry and Physiology. 1975. V. A51. P. 497–505.
51. Prena J., Schwinghamer P., Rowell T.W. et al. Experimental otter trawling on a sandy bottom ecosystem of the Grand Banks of Newfoundland: analysis of trawl bycatch and effects on epifauna // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1999. V. 181. P. 107–24.
52. Rathbun M.J. The spider crabs of America // Bull. U.S. Nat. Mus. 1925. V. 129. 613 p.
53. Robichaud D.A., Elnor R.W., Bailey R.F.J. Differential selection of crab *Chionoecetes opilio* and *Hyas* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata* // Fish. Bull. 1991. № 89. P. 669–680.
54. Robinson J.V., Shaffer L.R., Hagemeyer D.D., Sma-tresk N.J. The ecological role of lamellae loss in the larval damselfly, *Ischnura posita* (Hagen) (Odonata: Zygoptera) // Oecologia. 1991. V. 87. P. 1–7.
55. Stesko A.V., Bakanev S.V. Bycatches of the red king crab in the bottom fish fishery in the Russian waters of the Barents Sea: assessment and regulations // ICES Journal of Marine Science. 2021. V. 78. Iss. 2. P. 575–583.
56. Wood F.D., Wood H.E. Autotomy in decapods crustacean // The Journal of Experimental Zoology. 1932. V. 65. P. 1–55.

INJURIES AS AN INDICATOR OF THE POPULATION DENSITY AND FISHING INTENSITY OF SNOW CRAB (*CHIONOECETIS OPILIO*) IN THE BARENTS SEA

S. V. Bakanev*

Polar Branch of “VNIRO” (“PINRO” named after N.M. Knipovich), Murmansk, Russia

*e-mail: bakanev@pinro.ru

This paper analyses the dynamics of snow crab injuries in catches that were taken during the surveys from 2008 to 2022, as well as the data collected by observers in the fishery for this species in the Russian part of the Barents Sea between 2014 and 2022. The average portion of injured crabs in catches taken during research surveys increased from 5–11% in 2008–2010 to 45% in 2022. Moreover, the annual increase in the number of injured males in catches is much higher for large crabs with a carapace width of 100–130 mm than for juveniles. Using generalized and additive models, the simulation data on relations between the portion of injuries and statistically relevant natural and anthropogenic factors showed that the increased population density causes a high number of injured individuals before the fishery is commenced. This is a result of the active intrapopulation interaction between crabs. When the commercial fishery is actively conducted, a high portion of injuries is predominantly caused by the fishing pressure on the population, when some individuals, including injured crabs, are returned to their habitat after being captured and processed.

Keywords: snow crab, the Barents Sea, limb injury, population density, fishing intensity