

Рыболовство

Способ улучшения селективных качеств ловушек для промысла камчатского краба

А.А. Павленко, А.А. Лихошапко, А.Ю. Лихограев, С.В. Шмелев, С.Г. Лютый

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н.М. Книповича, ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038

E-mail: pavlenko@pinro.ru

Целью работы является улучшение селективных качеств донных крабовых ловушек, применяемых на промысле камчатского краба в Баренцевом море, посредством жёстких селективных «окон».

Используемые методы: определение селективности ловушек выполнено методом сравнительного лова ловушками, оснащёнными селективными «окнами» и без них. Оценка выполнена сравнением уловов ловушек без селективных «окон» с уловами ловушек, оснащённых «окнами» разного размера. Уловы ловушек оценивались по средним значениям ширины карапакса крабов, их количеству, глубине лова и его продолжительности. Эксперимент проведён в прибрежной зоне баренцевоморского побережья Кольского полуострова на диапазонах глубин 160–255 м в летне-осенний период. В исследовании применялись однотипные конусные ловушки с одинаковым видом наживки (приманки).

Новизна: селективность крабовых ловушек на промысле камчатского краба в Баренцевом море с помощью жёстких «окон» для отсева молоди краба ранее не применялась и не регулировалась. Результат применения подобного селективного устройства не оценивался.

Результат: проведённые исследования показали эффективность применения жёстких селективных «окон» для уменьшения прилова краба непромыслового размера. Испытания выявили прямую зависимость средней ширины карапакса краба в уловах ловушек от диаметра селективного «окна», что подтверждает возможность снижения прилова маломерных особей при использовании в ловушках селективных «окон» заданного размера (диаметра).

Практическая значимость: применение селективных окон позволит повысить эффективность ловушечного промысла, сократить время на сортировку улова и уменьшить количество маломерных особей, подвергнувшихся воздействию неблагоприятных факторов промысла.

Ключевые слова: Баренцево море, крабовые ловушки, селективность, крабовый промысел, селективные окна.

The ability to improve the selectivity of pots for the king crab

Alexander A. Pavlenko, Artem A. Likhoshapko, Andrey Y. Likhograev, Sergey V. Shmelev, Sergey G. Lyutiy

Polar Branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, Russia

The aim of this work is to analyze the impact on crab traps' selective properties of the use of a selective device that employs openings ("windows") in fish netting. These "windows" are formed using sewn-in wire rings located in the lower part of net sides, and are used for escape of non-commercial crab.

Methods used: Trap lines were set in the Barents Sea nearshore zone, within the 160–255 m depth range. Both types of traps, with the selective windows and without, were included in each line. The lines were taken onboard following 1 to 14 overboard days. All catch was counted and measured. The catch results of both standard and selective traps were compared and analyzed.

Feature of novelty: Kamchatka crab fishery in the Barents Sea with the use of selective traps have never been performed before, and no application results of such selective device have been estimated yet.

The conclusion: The performed studies proved the efficiency of the selective windows in reduction of non-commercial crab catches. The studies revealed the positive correlation between the average carapace width of the crabs caught and the selective window diameter. This confirms the potential for reduction of small-sized crab catch when using selective windows of a given size.

Practical significance: the use of the selective windows will increase the trap fishing efficiency and reduce catch sorting times as well as the amount of small-sized crab exposed to the adverse factors.

Keywords: Barents Sea, Crab pots, Selectivity, Crab pot fishing, Selective windows.

ВВЕДЕНИЕ

В результате удачных экспериментов по интродукции камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815)) в Баренцевом море новый для этой акватории вид не только успешно прижился, но и увеличил уровень своей популяции до размеров, позволяющих осуществлять его промысел [Камчатский краб..., 2003].

Крабовый промысел в настоящее время ведётся при помощи ловушек нескольких типов, а именно: конических, прямоугольных и трапециевидных.

Основой конструкции для всех видов ловушек является жёсткий каркас, обеспечивающий сохранение их формы. Исключение составляет прямоугольная складная ловушка, чья форма поддерживается благодаря плавучести, закреплённому на её верхней раме. Каркас

обтягивается сетной делью. В устройстве всех ловушек предусмотрено отверстие для входа краба и снабжения ловушки приманкой. Нижние рамы каркаса утяжелены для предотвращения возможного опрокидывания ловушки при постановке ловушечного порядка. Основные конструктивные отличия определяются геометрической формой, линейными размерами, способом выливки улова и вариантами хранения ловушек на палубе. Так, у конических ловушек дель на нижней раме развязывается, а складные прямоугольные ловушки складываются, что позволяет осуществлять их хранение стопками, то есть более компактно.

Все типы крабовых ловушек, применяемых в Баренцевом море, имеют высокие эксплуатационные и уловистые качества, которые необходимы для стабильной работы крабового промысла. Однако, требования Правил рыболовства к конструкции ловушек не обеспечивают их должную селективность. Так, согласно Правилам рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна,¹ разрешены к вылову самцы камчатского краба с минимальным размером карапакса 150 мм и краба стригуна-опилио (*Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788)) с минимальным размером карапакса 100 мм, при этом минимальный внутренний размер ячеи в ловушках принят в 70 и 50 мм, соответственно. Очевидно, что при таких значениях минимального размера ячеи селективные качества ловушек очень низкие, так как через ячею с внутренним размером 70 мм физически может пройти краб с размером карапакса не более 35 мм. Соответственно, при таких размерах ячея ловушки не обеспечивает селективность обловленного краба, размер карапакса которого более 35 мм. То есть, в уловах ловушек остаётся значительное количество маломерных крабов, запрещённых к вылову, размер карапакса которых составляет менее 150 мм.

Между тем, пункт 8.5 Кодекса ведения ответственного рыболовства, принятого ФАО 31 октября 1995 г.,² предписывает использование методов и орудий лова, обладающих хорошей селективностью, позволяющих минимизировать экологический ущерб от их эксплуатации.

Удержание ловушками большого количества краба непромыслового размера приводит к неизбежности ручной сортировки его улова на борту судна и обратному выпуску в море запрещённых к вылову экземпляров, что существенно увеличивает риск нанесения травм выпускаемой молоди краба. Кроме того, при нахождении на палубе и возврате в естественную

среду краб подвергается обезвоживанию, перепадам температуры и давления, а также другим факторам, снижающим выживаемость выпущенных особей [Метелёв, 2009; Urban, 2015].

Для уменьшения доли непромыслового краба в улове предлагается применение селективного устройства, позволяющего отсеивать маломерные экземпляры ещё до поднятия ловушек на борт, с использованием в конструкции выпускных отверстий — «окон». Подобные устройства с успехом применяются в некоторых странах, занимающихся интенсивным крабовым промыслом, например, США.³

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте по изучению селективных качеств конусных крабовых ловушек использовались специальные выходные отверстия, далее именуемые селективными «окнами». Маломерный краб, попавший в ловушку, большей частью выходит из неё через эти «окна», в то время как краб промыслового размера удерживается ловушкой, поскольку размер селективного «окна» меньше минимально допустимого промыслового размера краба. Регулирование размерного ряда удерживаемого краба осуществлялось подбором размера внутреннего диаметра такого селективного «окна».

Селективные «окна», использовавшиеся в эксперименте, представляли собой кольца, изготовленные из стальной проволоки диаметром 4 мм, с внутренним диаметром от 110 до 165 мм (рис. 1).

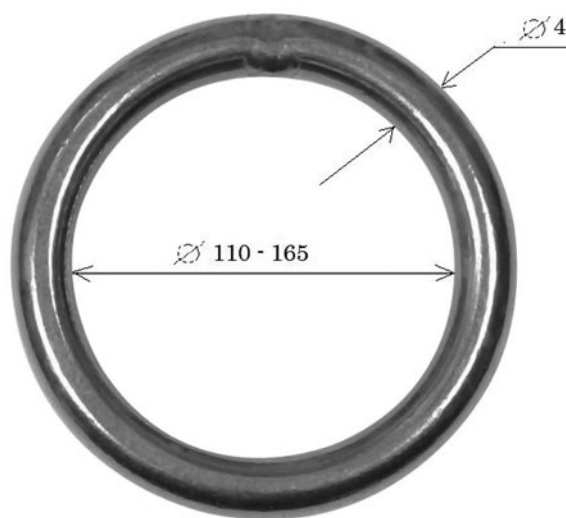


Рис. 1. Селективное выпускное «окно» из стальной проволоки

Fig. 1. Steel-wire escape selective window

¹ Приказ Минсельхоза России от 30 октября 2014 г. № 414 «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» (в ред. от 26.10.2018 № 476).

² FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome, FAO. 41 p.

³ Southeast Alaska Shellfish Pot Requirements //Shellfish Gear Requirements, 2011. Доступно через <https://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=librarypublications.main#fisheries> 13.11.2019.

Селективные «окна» устанавливались на сетную оболочку ловушки равномерно по её периметру на высоте 1–1,5 ячеи от дна ловушки.

Размер использованных в эксперименте конусных ловушек был равен по нижнему диаметру 1,4 м, по верхнему диаметру – 0,8 м и по высоте – 0,8 м (рис. 2). Конус входной горловины был равен по большому диаметру 0,7 м, по меньшему диаметру 0,58 м и по высоте 0,3 м (см. рис. 2). Каркас ловушек был обтянут сетной полиэтиленовой делью, выполненной из верёвки в одно сложение диаметром 4 мм, с внутренним размером ячеи 70 мм.

В исследовании использовались порядки, состоящие из нескольких экспериментальных конусных ловушек, каждая из которых была оснащена селективными «окнами» определённого диаметра, причём, для каждой ловушки использовался свой диаметр окон, и одной контрольной стандартной ловушкой без «окон». Каждая экспериментальная ловушка оснащалась четырьмя селективными «окнами». «Окна» устанавливались на расстоянии 100–150 мм от основания ловушки, что составляет 2–2,5 ячеи от нижнего кольца каркаса ловушки.

Расположение ловушек с «окнами» и контрольной ловушки без «окон» в ловушечном порядке для разных постановок выполнялось случайно-выборочным способом для исключения возможной систематической ошибки, которая может возникнуть в зависимости от местоположения ловушки в порядке.

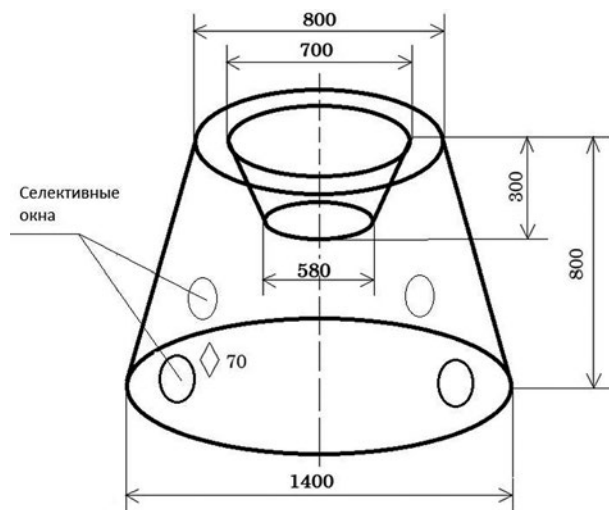


Рис. 2. Размеры конусной ловушки

Fig. 2. Conical pot dimensions

Ловушки были соединены в порядок единой хребтины, изготовленной из каната положительной плавучести диаметром 25–30 мм. К хребтине ловушки были подсоединены поводцами, изготовленными из верёвки положительной плавучести диаметром 10 мм и длиной 1,0–1,2 м. Поводцы с ловушками были прикреплены к хребтине на расстоянии 40 м друг от друга. Таким образом, дистанция между ловушками в процессе лова находилась в диапазоне от 38 до 42 м. На поверхности воды ловушечный порядок обозначался плавучими буй-

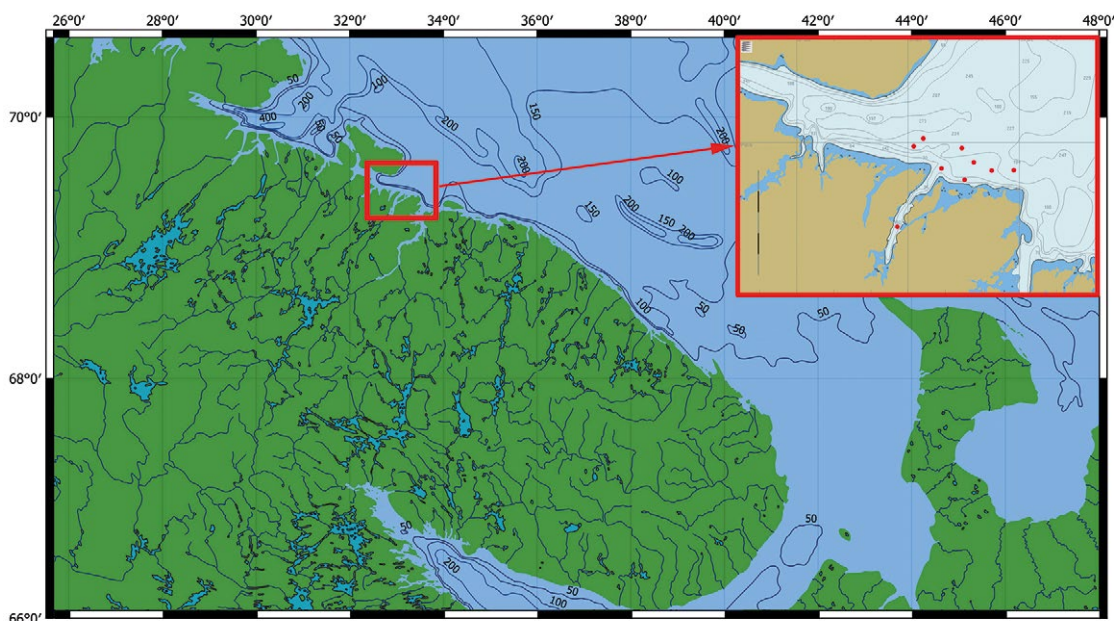


Рис. 3. Район проведения работ по определению уловистости и селективности конусных крабовых ловушек, оснащённых селективными «окнами»

Fig. 3. Area of trials conducted to define catch efficiency and selectivity of cone crab pots equipped with escape «windows»

ми, которые подсоединялись к порядку посредством буйрепа и буйлиня. Длина буйрепа соответствовала глубине места лова, длина буйлиня была равна десяти метрам.

В качестве наживки использовали отходы переработки трески и сельди, в соотношении 80% трески и 20% сельди. Наживку укладывали в специальные мешочки, которые подвешивали в ловушки. Масса наживки на одну ловушку составляла 2,5–3 кг.

Эксперименты по определению уловистости и селективности конусных крабовых ловушек, оснащённых селективными «окнами» и без них, проводились в прибрежной зоне Баренцева моря (район губы Кислая и Мотовский залив) с 2011 по 2015 гг. в летне-осенний период на глубинах от 106–255 м (табл. 1). Продолжительность застоя ловушечных порядков составляла от 1 до 14 суток (табл. 2). Район проведения экспериментов показан на рис. 3.

Таблица 1. Количество выполненных ловов ловушками, оснащёнными и не оснащёнными селективными «окнами», по диапазонам глубин

Table 1. Numbers of catches performed with pots both equipped and not equipped with escape selective «windows», depending on depth intervals

Глубина, м	Окно – 110 мм, шт.	Окно – 120 мм, шт.	Окно – 125 мм, шт.	Окно – 135 мм, шт.	Окно – 145 мм, шт.	Окно – 155 мм, шт.	Окно – 165 мм, шт.	Без окон, шт.
106–115	–	–	26	25	26	26	–	26
116–125	13	13	6	21	21	20	–	21
126–135	–	1	4	8	8	7	1	9
146–155	–	–	–	5	5	5	5	5
156–165	–	–	–	6	6	5	5	5
166–175	–	–	–	1	3	1	1	3
176–185	–	–	–	4	4	4	4	4
186–195	–	–	–	10	10	10	10	9
196–205	–	–	–	13	13	11	12	12
216–225	–	–	–	15	15	14	14	13
226–235	–	–	–	6	7	8	5	6
236–245	–	–	–	4	4	3	4	4
246–255	–	–	–	1	1	1	1	1
Сумма	13	14	36	119	123	115	62	118
Всего								600

Таблица 2. Количество выполненных ловов ловушками, оснащёнными и не оснащёнными селективными «окнами», в соответствии с продолжительностью застоя

Table 2. Quantity of completed catches with the pots, equipped and non-equipped with «windows» by duration of pots setting
Numbers of catches performed with pots both equipped and not equipped with escape, depending on pot holding time

Продолжительность застоя, сут.	Окно – 110 мм, шт.	Окно – 120 мм, шт.	Окно – 125 мм, шт.	Окно – 135 мм, шт.	Окно – 145 мм, шт.	Окно – 155 мм, шт.	Окно – 165 мм, шт.	Без окон, шт.
1	–	–	2	2	2	2	–	2
2	3	3	13	56	58	56	36	53
3	4	5	14	30	31	29	10	31
4	3	3	3	13	14	11	6	14
5	1	1	2	7	7	7	4	8
6	1	1	1	4	4	4	2	3
7	–	–	–	5	5	4	4	5
9	–	–	1	1	1	1	–	1
14	1	1	–	1	1	1	–	1
Сумма	13	14	36	119	123	115	62	118
Всего								600

После выборки порядка производился промер ширины карапакса всех пойманных крабов из каждой ловушки порядка с распределением по полу и с занесением данных промера в соответствующую карточку лова. Замер максимальной ширины карапакса крабов выполнялся штангенциркулем с точностью до миллиметра.

По результатам промеров выполнен анализ размерных рядов пойманных крабов из ловушек с селективными «окнами» и без них с учётом глубины места лова и продолжительности застоя.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего за время проведения эксперимента было обработано 128 постановок ловушечных порядков, промерено 19719 экземпляров камчатского краба из уловов 600 ловушек.

По результатам промеров всех типов ловушек определены размерные составы уловов ловушек, оснащённых селективными «окнами» разного диаметра и без «окон» (табл. 3, рис. 4). Так, средний диапазон размерного состава (по ширине карапакса) в ловушках без селективных «окон» составил от 62 до 211 мм с модальной группировкой 102–132 мм и средним

размером 118,32 мм. Результаты измерений приведены в табл. 3.

Для определения корреляционных связей величины и размерного состава уловов ловушек с их оснасткой селективными «окнами» разного размера, с глубиной лова, а также с продолжительностью застоя ловушечных порядков, уловы всех ловушек были оценены в соответствии с диапазонами глубин лова (табл. 1) и продолжительностью застоя (табл. 2). Для корректного сопоставления результатов лова ловушками их уловы были приведены к единой величине — улову на стандартное усилие, которое равно улову на одну ловушку. Для этого суммарный вылов ловушек определённого типа делился на соответствующее обработанное их количество (улов экз./ловушка) (рис. 4).

Оценка взаимосвязи величины улова ловушек с разными размерами селективных «окон» в зависимости от продолжительности застоя показала наличие корреляционных зависимостей. Так, насыщение уловом краба ловушек, как оснащённых селективными «окнами», так и без них, показало обратную зависимость. То есть, с увеличением продолжительности застоя улов ловушек снижается. Практически во всех случаях коэффициент корреляции был отрицательный (табл. 4).

Таблица 3. Результаты уловов ловушек с разным размером диаметром селективных «окон»

Table 3. Catches of pots with various sizes of escape selective «windows»

Диаметр селективных «окон», мм	Количество измеренных особей, экз.	Средний размер карапакса, мм	Ошибка средней
110	544	107,77	0,67
120	590	113,05	0,8
125	1566	126,86	0,56
135	3966	131,51	0,37
145	3231	133,67	0,44
155	2454	134,7	0,55
165	976	140,48	0,84
Без «окон»	6392	118,32	0,28
Всего	19719	—	

Таблица 4. Улов краба на ловушку в зависимости от продолжительности застоя ловушек

Table 4. Crab catches per pot vs. trap setting time

Застой, сут.	Улов краба на ловушку, экз./лов.							
	Окно, 110 мм	Окно, 120 мм	Окно, 125 мм	Окно, 135 мм	Окно, 145 мм	Окно, 155 мм	Окно, 165 мм	Без окон
1,00	—	—	34,50	35,00	29,00	28,50	—	59,00
2,00	63,33	44,00	41,62	33,93	26,03	20,86	15,22	45,57
3,00	42,50	47,40	46,57	37,80	27,74	20,52	13,30	64,45
4,00	32,67	47,00	41,33	25,31	19,29	18,64	11,00	66,64
5,00	25,00	32,00	57,00	29,14	40,14	39,71	24,00	56,00

Застой, сут.	Улов краба на ловушку, экз./лов.							
	Окно, 110 мм	Окно, 120 мм	Окно, 125 мм	Окно, 135 мм	Окно, 145 мм	Окно, 155 мм	Окно, 165 мм	Без окон
6,00	30,00	20,00	29,00	33,25	18,50	13,50	13,50	34,33
7,00	—	—	—	33,20	32,00	19,25	26,50	48,20
9,00	0,00	0,00	37,00	18,00	4,00	15,00	0,00	67,00
14,00	31,00	28,00	0,00	12,00	14,00	5,00	0,00	69,00
Корреляция	-0,66	-0,60	-0,49	-0,51	-0,52	-0,52	-0,69	-0,54

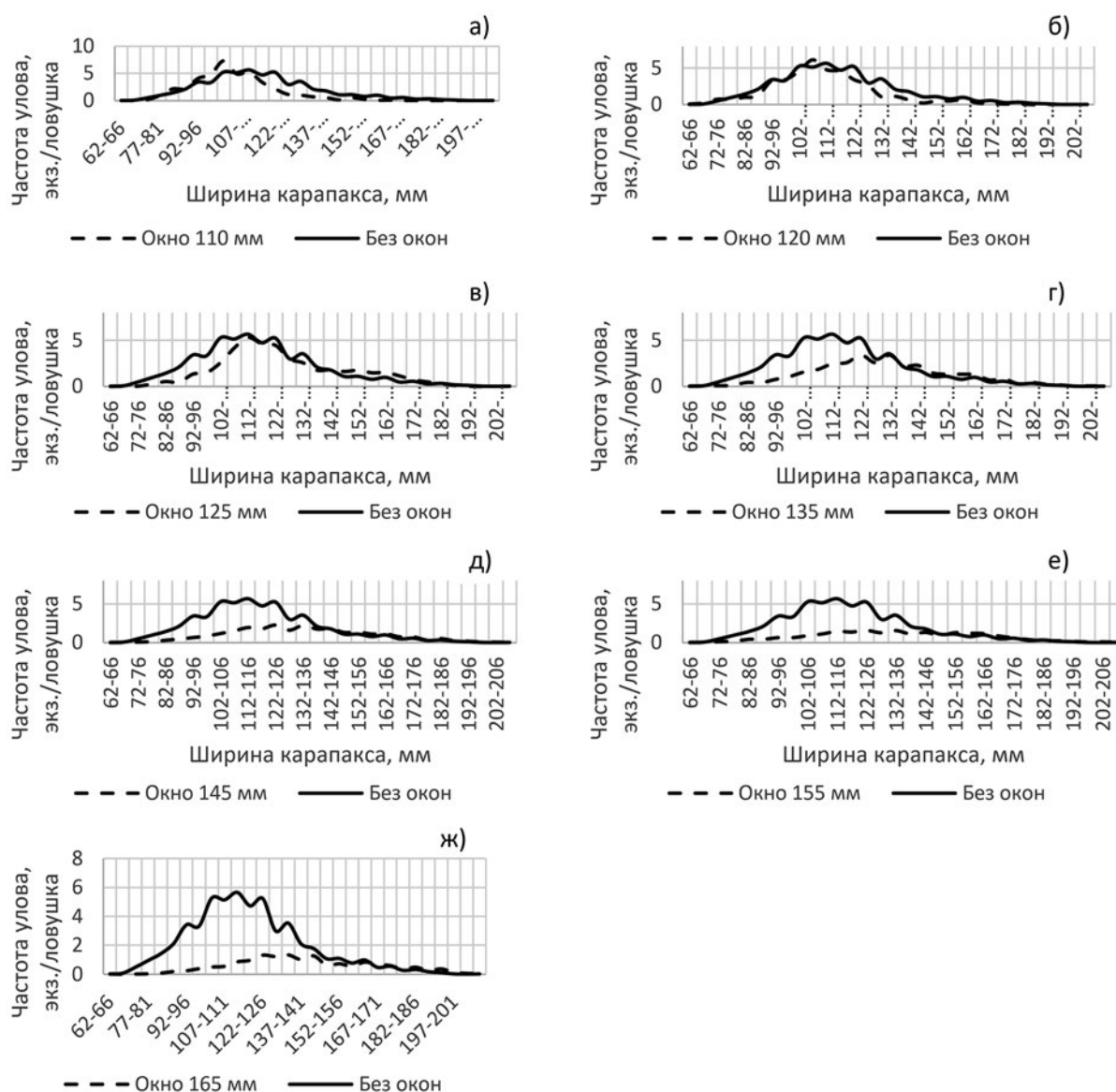


Рис. 4. Размерный состав приведённых уловов (на 1 ловушку) экспериментальных и стандартных ловушек без «окон»: а) ловушки с «окнами» Ø110 мм; б) ловушки с «окнами» Ø120 мм; в) ловушки с «окнами» Ø125 мм; г) ловушки с «окнами» Ø135 мм; д) ловушки с «окнами» Ø145 мм; е) ловушки с «окнами» Ø155 мм; ж) ловушки с «окнами» Ø165 мм

Fig. 4. Size composition of the above catches (per pot) for windowed and windowless pots: а) pots with 110 mm «windows»; б) pots with 120 mm «windows»; в) pots with 125 mm «windows»; г) pots with 135 mm «windows»; д) pots with 145 mm «windows»; е) pots with 155 mm «windows»; ж) pots with 165 mm «windows»

В свою очередь, изменение средней ширины карапакса краба в уловах ловушек, оснащённых селективными «окнами», в основном показало увеличение улова. В случаях наблюдения корреляционной связи коэффициент корреляции был положительный (табл. 5). Так, в уловах ловушек, оснащённых «окнами» с размером 110, 120, 145 и 155 мм, коэффициенты корреляции были положительными. Разница в уловах этих однотипных ловушек достигала более 60% при разной продолжительности застоя. Обратная закономерность наблюдалась в стандартной (контрольной) ловушке. В ловушке без селективных «окон» с увеличением продолжительности застоя (лова) средний размер ширины карапакса в улове устойчиво уменьшался — коэф-

фициент корреляции — 0,86. В ловушках с «окнами» размером 125, 135 и 165 мм корреляционная связь отсутствовала, вероятно по причине влияния неучтённых факторов.

Результаты эксперимента показали, что максимальное насыщение ловушек имеет место на третьи-четвертые сутки застоя ловушек без селективных «окон» и на четвертые-пятые сутки в ловушках с селективными «окнами» (см. табл. 4, рис. 5). При этом в ловушках с селективными «окнами» наблюдается положительная корреляционная связь увеличения среднего размера краба в уловах с продолжительностью застоя, а в ловушках без «окон» эта связь устойчиво отрицательная, так как в этом случае коэффициент корреляции равен — 0,86 (см. табл. 5).

Таблица 5. Средний размер краба в уловах в зависимости от продолжительности застоя ловушек

Table 5. Average crab size vs. Pot setting time

Застой, сут.	Окно, 110 мм		Окно, 120 мм		Окно, 125 мм		Окно, 135 мм		Окно, 145 мм	
	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней
1,00	—	—	—	—	127,06	2,29	123,53	2,52	130,64	3,21
2,00	105,29	1,17	107,28	1,46	130,04	0,98	135,45	0,52	135,35	0,64
3,00	106,94	1,05	112,93	1,30	128,46	0,87	131,42	0,70	133,67	0,92
4,00	106,43	1,49	112,93	1,49	118,16	1,81	121,81	1,10	128,66	1,43
5,00	114,96	3,13	116,69	3,04	113,23	1,83	129,62	1,55	132,31	1,21
6,00	118,47	3,81	122,70	3,26	119,07	3,05	125,54	2,12	144,68	2,82
7,00	—	—	—	—	—	—	114,72	1,81	122,77	2,06
9,00	—	—	—	—	129,05	23,83	148,94	5,67	163,25	2,22
14,00	115,61	11,80	130,82	19,14	—	—	133,25	3,99	147,00	5,57
Корреляция	0,63	—	0,94	—	-0,19	—	0,28	—	0,55	—

Таблица 5. (Продолжение). Средний размер краба в уловах в зависимости от продолжительности застоя ловушек

Table 5. (Continuation). Average crab size vs. Pot setting time

Застой, сут.	Окно, 155 мм		Окно, 165 мм		Без окон	
	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней
1,00	133,81	3,56	—	—	125,43	2,23
2,00	135,48	0,79	142,49	0,99	125,97	0,46
3,00	135,67	1,20	146,93	1,93	117,29	0,49
4,00	126,88	1,86	128,91	3,24	110,35	0,61
5,00	132,72	1,31	156,91	2,51	112,46	0,95
6,00	141,20	3,40	165,48	3,62	107,26	1,79
7,00	126,70	3,03	108,01	1,80	102,15	0,81
9,00	141,20	7,52	—	—	103,91	2,41
14,00	149,80	8,15	—	—	101,07	1,62
Коррелл.	0,65	—	-0,23	—	-0,86	—

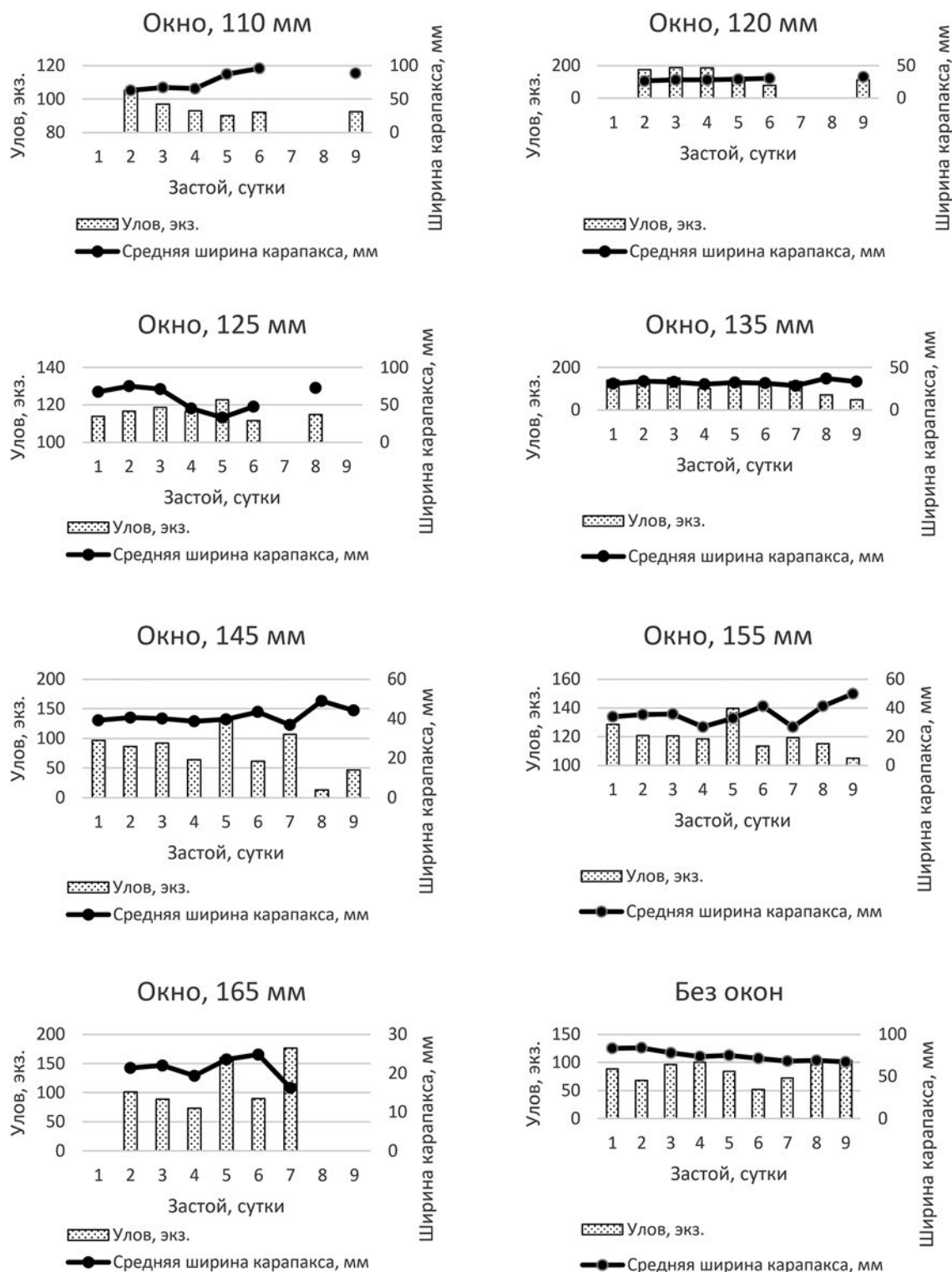


Рис. 5. Средний размер карапакса краба в улове и улов на ловушку с разным размером селективных «окон» при различной продолжительности застоя ловушечных порядков

Fig. 5. Average crab carapace size per catch. Catch per pot with various window size vs. Trap lines setting time

Оценка уловов экспериментальными и контрольными ловушками в районе проведения эксперимента не показала значимых зависимостей величины уловов от глубины лова. Так, лов вёлся в диапазоне глу-

бин от 106 до 255 м. При этом самый большой коэффициент корреляции величины улова от глубины лова был равен 0,57 для ловушек, оснащённых селективными «окнами» диаметром 165 мм, что показывает

слабую взаимосвязь между глубиной лова и величиной улова (табл. 6).

Наиболее значимый коэффициент корреляции среднего размера ширины карапакса крабов в улове и глубины лова также был у ловушек с «окнами» диаметром 165 мм, коэффициент равен $-0,62$. В остальных случаях корреляционные связи отсутствовали

(табл. 7). К примеру, в уловах контрольных ловушек коэффициент корреляции составил $-0,02$, что показывает отсутствие какой-либо зависимости величины и размерного состава уловов с глубиной лова в районе во время проведения эксперимента по оценке селективности ловушек, оснащённых селективными «окнами» выхода (рис. 6).

Таблица 6. Величина улова краба на ловушку в зависимости от глубины лова ловушек

Table 6. Catch per pot vs. pot depth

Глубина, м	Величина улова краба на ловушку, экз./лов							
	Окно, 110 мм	Окно, 120 мм	Окно, 125 мм	Окно, 135 мм	Окно, 145 мм	Окно, 155 мм	Окно, 165 мм	Без окон
106–115	–	–	47,50	37,76	30,54	24,19	–	76,77
116–125	41,85	38,54	33,17	26,33	22,05	19,45	–	62,00
126–135	–	89,00	33,00	28,88	21,00	17,29	1,00	73,33
146–155	–	–	–	39,40	24,00	13,20	19,40	25,20
156–165	–	–	–	29,17	18,50	12,00	15,60	30,40
166–175	–	–	–	52,00	33,00	16,00	21,00	56,33
176–185	–	–	–	38,50	29,50	18,25	19,75	18,50
186–195	–	–	–	43,30	30,70	13,70	8,50	48,56
196–205	–	–	–	29,46	21,08	20,64	14,58	36,58
216–225	–	–	–	34,13	34,67	35,07	15,21	33,00
226–235	–	–	–	22,33	14,86	16,50	17,00	43,67
236–245	–	–	–	46,00	27,75	32,00	18,25	82,75
246–255	–	–	–	14,00	42,00	17,00	69,00	15,00
Корреляция	–	–	–	-0,15	0,42	0,45	0,57	-0,21

Таблица 7. Средняя ширина карапакса краба улова ловушек в зависимости от глубины лова ловушек

Table 7. Average crab carapace size vs. pot depth

Глубина, м	Окно, 110 мм		Окно, 120 мм		Окно, 125 мм		Окно, 135 мм	
	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней
106–115	–	–	–	–	129,50	0,63	132,08	0,80
116–125	107,77	0,67	112,23	0,84	120,08	1,52	116,76	0,97
126–135	–	–	–	2,16	112,40	1,57	119,26	1,34
146–155	–	–	–	–	–	–	140,19	1,29
156–165	–	–	–	–	–	–	136,35	1,37
166–175	–	–	–	–	–	–	135,19	3,27
176–185	–	–	–	–	–	–	145,14	1,71
186–195	–	–	–	–	–	–	136,42	1,06
196–205	–	–	–	–	–	–	139,48	1,10
216–225	–	–	–	–	–	–	139,48	0,80
226–235	–	–	–	–	–	–	134,19	1,75
236–245	–	–	–	–	–	–	111,51	1,25
246–255	–	–	–	–	–	–	106,21	2,20
Корреляция	–	–	–	–	–	–	-0,18	–

Таблица 7 (продолжение). Средняя ширина карапакса краба улова ловушек в зависимости от глубины лова ловушек
Table 7 (continued). Average crab carapace size vs. pot depth

Глубина, м	Окно, 145 мм		Окно, 155 мм		Окно, 165 мм		Без окон	
	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней	Средняя ширина карапакса, мм	Ошибка средней
106–115	135,40	0,93	137,78	1,11	–	–	121,01	0,52
116–125	118,16	1,18	113,07	1,37	–	–	103,86	0,48
126–135	120,29	1,91	118,11	2,41	144,00	–	105,11	0,67
146–155	143,11	1,97	147,20	3,11	150,24	2,25	138,75	1,90
156–165	141,34	2,10	150,65	3,02	147,62	2,86	136,64	1,75
166–175	129,96	1,80	113,00	2,05	151,71	5,47	128,38	1,24
176–185	147,37	2,14	147,64	2,88	149,91	2,69	129,15	2,19
186–195	141,24	1,25	140,48	1,96	137,24	2,29	129,17	0,92
196–205	138,93	1,49	141,17	1,33	144,41	1,78	130,05	0,97
216–225	139,10	0,85	142,09	0,94	140,97	1,58	132,10	0,77
226–235	146,96	2,29	146,41	1,94	156,27	2,70	125,46	1,23
236–245	110,72	1,61	115,92	1,41	114,29	2,24	108,86	0,75
246–255	119,38	2,13	114,65	2,96	105,28	1,71	103,40	2,69
Корреляция	-0,03	–	-0,001	–	-0,62	–	-0,02	–

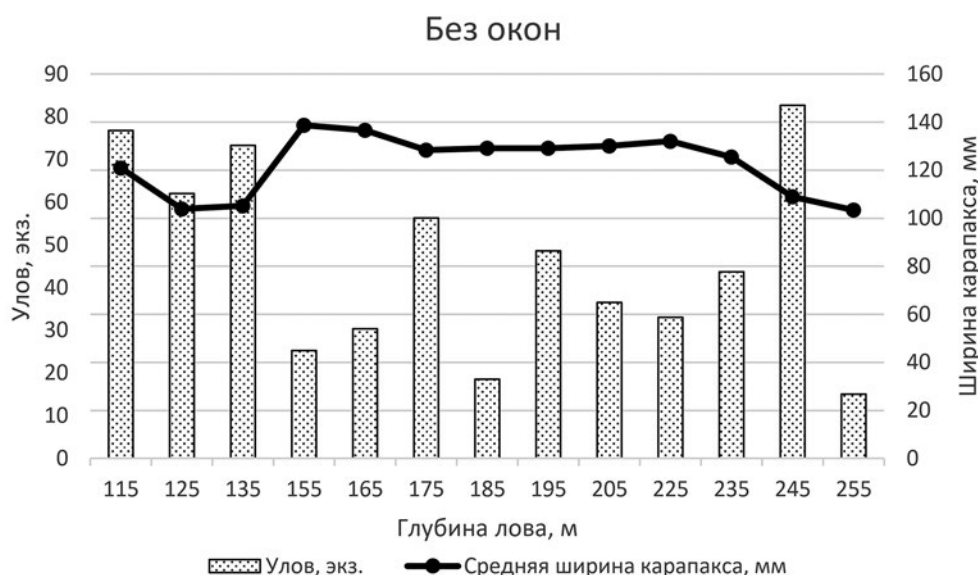


Рис. 6. Улов на ловушку и средний размер ширины карапакса краба в уловах стандартной (контрольной) ловушки в зависимости от глубины лова

Fig. 6. Catch per pot and average crab carapace size for standard (test) pots vs. pot depth

Взаимосвязь между диаметром селективного «окна» в крабовой ловушке и относительным количеством краба промыслового размера установлена методом расчёта тесноты связи (корреляции) Фехнера [Громыко, 2005]. Для расчёта использовались следующие данные: диаметр селективного «окна», количество наблюдений, средний размер карапакса, процент краба промыслового размера в улове. Средний

диаметр селективных «окон» (\bar{d}_{cp}) при проведении экспериментов составил 136,4 мм. Доля краба промыслового размера (\bar{u}_{cp}) для всех ловушек в среднем составила 47,3%.

Ниже приведён расчёт тесноты связи (корреляции) улова краба промыслового размера с диаметром селективных «окон» крабовых ловушек.

Проведено сравнение поведения отклонений индивидуальных значений каждого признака от своих средних величин — диаметра селективного «окна» и доли краба с шириной карапакса более 150 мм в улове.

При анализе данных учитываются не величины отклонений, а их знаки «+» или «-» (см. табл. 8 и 9).

Рассматриваются все пары знаков и подсчитывается число их совпадений «С» и не совпадений «Н». Коэффициент Фехнера будет определяться как отношение разности чисел пар совпадений и не совпадений знаков к их сумме. Исходя из полученных данных, выявлено число совпадений С=6 и несовпадений Н=1 как в соотношении долей промыслового краба, так и в соотношении средней ширины карапакса краба в улове в зависимости от диаметра селективного «окна». Используя полученные данные, можно определить коэффициент Фехнера (K_ϕ), который вычисляется по формуле:

$$K_\phi = \frac{\sum H - \sum C}{\sum H + \sum C} = \frac{(6 - 1)}{(6 + 1)} = \frac{5}{7} = 0,71, \quad (1)$$

где С — число совпадений отклонений индивидуального признака; Н — число несовпадений индивидуального признака.

Таким образом, для ловушек с селективными «окнами» имеется прямая корреляционная связь с сильной зависимостью по коэффициенту Фехнера $K_\phi=0,71$, что означает устойчивое увеличение доли промыслового краба и средней ширины карапакса краба в улове при увеличении диаметра селективного «окна» в ловушках.

Исходя из этих взаимосвязей, также определяется сильная линейная зависимость между размером селективного «окна» ловушки со средним размером ширины карапакса краба (величина достоверности аппроксимации $R^2=0,85$), а также доли промыслового краба в улове (величина достоверности аппроксимации $R^2=0,71$) (рис. 7).

ОБСУЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Распределение размерной частоты (ширины карапакса) крабов в уловах показало, что диапазон размеров крабов, удерживаемых ловушками с выходными

Таблица 8. Доля промыслового краба в зависимости от диаметра селективного «окна»

Table 8. Percentage of legal-sized crab vs. escape selective «window» size

№	Диаметр селективного «окна», мм d_i	Доля краба промыслового размера в улове, % y_i	Знаки отклонений от средней величины	
			$\bar{d}_{\text{ср.}} - d_i$	$\bar{y}_{\text{ср.}} - y_i$
1	110	2,6	+	+
2	120	12,7	+	+
3	125	37,5	+	+
4	135	67,2	+	-
5	145	72,5	-	-
6	155	76,8	-	-
7	165	61,5	-	-
Среднее значение	136,4	47,3	-	-

Таблица 9. Средняя ширина карапакса краба в улове в зависимости от диаметра селективного «окна»

Table 9. Average crab carapace size vs. escape «window» size

№	Диаметр селективного «окна», мм d_i	Доля краба промыслового размера в улове, % y_i	Знаки отклонений от средней величины	
			$\bar{d}_{\text{ср.}} - d_i$	$\bar{y}_{\text{ср.}} - y_i$
1	110	107,77	+	+
2	120	113,05	+	+
3	125	126,86	+	+
4	135	131,32	+	-
5	145	133,41	-	-
6	155	134,19	-	-
7	165	140,48	-	-
Среднее значение	136,4	126,7		

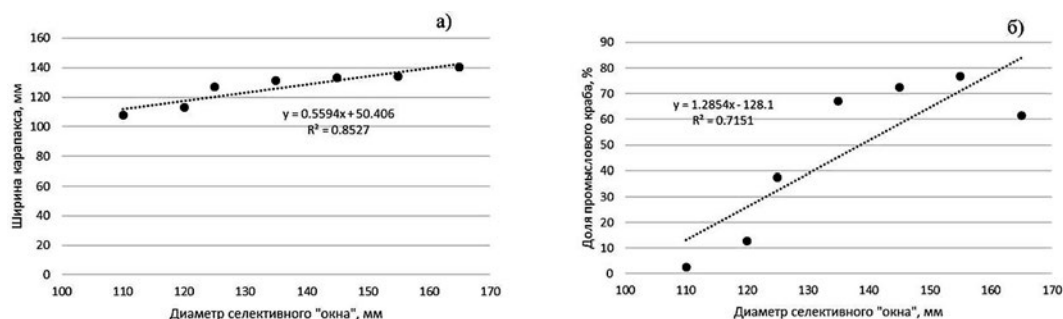


Рис. 7. Зависимость размера диаметра селективного «окна» ловушки со средним размером ширины карапакса краба (а) и доли промыслового краба (б) в улове ловушки

Fig. 7. Escape selectivity «window» size vs. average-sized crab carapace (a) vs. percentage of legal-size crab caught by pots (b)

«окнами» разного диаметра, был одинаковым, хотя относительная численность по размерным группам различалась между ловушками. Были обнаружены существенные различия доли промысловых и маломерных крабов в уловах, а также средних размеров краба в уловах ловушек, оснащённых и не оснащённых «окнами».

Снижение прилова маломерных особей при вылове общего допустимого улова может принести существенные выгоды для рыболовства в целом. Так, во-первых, мгновенная выгода может выразиться в возрастании вылова краба промыслового размера из-за снижения заполнения ловушек маломерными особями [Guillory, Merrell, 1993], и последующая выгода – благодаря снижению промысловой и неучтённой смертности маломерных особей крабов. Ранее исследователями было показано, что применение выпускных отверстий («окон») в ловушках для снижения прилова маломерных крабов приводит к увеличению вылова крабов промыслового размера [Krouse, Thomas, 1975; Fogarty, Borden, 1980; Brown, 1982; Guillory, Merrell, 1993]. Применение селективных «окон» существенно снизит повреждения и стресс маломерного краба, которым он подвергается в процессе лова и его сортировки на борту судна. В то же время, исследователями отмечено, что травмы могут привести к меньшему приросту линьки у различных декапод [Van Engel, 1958;]. К тому же, физиологический стресс, обезвоживание и повреждение жабр из-за воздействия воздуха во время выбраковки на борту могут привести к отсроченной смертности маломерных особей крабов.

Во-вторых, снизится смертность от так называемого «призрачного промысла», т.е. лова и удержания крабов потерянными ловушками, из-за сокращения в их уловах маломерных крабов. Известно, что на ловушечном промысле происходят значительные потери целых ловушечных порядков. Ранее исследователями также было отмечено, что смертность в ловушках, ос-

нащённых дополнительными селективными «окнами», была примерно в три раза меньше, чем в ловушках, не оснащённых такими «окнами», из-за сокращения улова маломерного краба [Arcement, Guillory, 1993].

И, в-третьих, эффективность промысла у рыбаков возрастёт из-за снижения времени, необходимого на сортировку уловов ловушек.

ВЫВОДЫ

1. Проведённые исследования показали эффективность применения селективных «окон» для уменьшения прилова краба непромыслового размера. При использовании в конструкции ловушек селективных «окон» значительно сокращается время на сортировку улова. За счёт отсева краба непромыслового размера из ловушек через селективные «окна» во время их застоя уменьшается количество маломерных особей, подвергнувшихся неблагоприятным факторам, вызванных поднятием краба на палубу и его последующей сортировкой.

2. Испытания выявили прямую зависимость средней ширины карапакса краба в улове ловушек от диаметра селективного «окна», что подтверждает возможность снижения прилова маломерных особей при использовании в ловушках селективных «окон» заданного диаметра.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках госзадания «Разработка ресурсосберегающих экологически безопасных технологий добычи (вылова) водных биоресурсов».

ЛИТЕРАТУРА

- Громыко Г.Л. 2005. Теория статистики. М.: ИНФРА-М. 476 с.
- Беренбойм Б.И., Анисимова Н.А., Бакай Ю.И., Баканев С.В., Бойцов В.Д., Борисов В.В., Воробьева Н.К., Жак Ю.Е., Кондратюк Ю.А., Лисовский С.Ф., Лебская Т.К., Манушин И.Е., Матюшкин В.Б., Моисеев С.И., Мухин В.А., Новиков В.Ю., Павлов В.А., Переладов М.В., Пинчуков М.А., Русяев С.М., Сенников А.М., Степаненко В.В., Толкачева В.Ф., Ушакова М.В., Филина Е.А. 2003. Камчатский краб в Баренцевом море. Мурманск: ПИНРО. 382 с.
- Метелёв Е.А. 2009. К вопросу о смертности крабов при ловушечном промысле // Сб. научн. тр. МагаданНИРО. Вып. 3. Магадан: МагаданНИРО. С. 173–181.
- Arcement, G., Guillory V. 1993. Ghost fishing in vented and unvented blue crab traps // Proc. La. Acad. Sci. 56:1–7.
- Brown C.G. 1982. The effect of escape gaps on trap selectivity in the United Kingdom crab (*Cancer pagurus* L.) and lobster (*Homarus gammarus* [L.]) fisheries // J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer 40: 127–134.
- Fogarty M.J., Borden D.V. 1980. Effects of trap venting in gear selectivity in the inshore Rhode Island American lobster, *Homarus americanus*, fishery // Fish. Bull. 77:925933
- Guillory, V., Merrell J. 1993. An evaluation of escape rings in blue crab traps // La. Dep. Wildl. Fish., Tech. Bull. 44, 29 p.
- Urban J.D. 2015. Discard mortality rates in the Bering Sea snow crab, *Chionoecetes opilio*, fishery // ICES J. of Marine Science. 72(5). 1525–1529. doi:10.1093/icesjms/fsv004
- Krouse J.S., Thomas J.C. 1975. Effects of trap selectivity and some population parameters on size composition of the American lobster, *Homarus americanus*, catch along the Maine coast // Fish. Bull. 73:862–871.
- Van Engel W.A. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth, and migration // Commer. Fish. Rev. 29(6):6–17.
- Kondratyuk Y.A., Lisovskiy S.F., Lebskaya T.K., Manyushin I.E., Matyushkin V.B., Moiseev S.I., Mukhin V.A., Novikov V.Y., Pavlov V.A., Pereladov M.V., Pinchukov M.A., Rusyaev S.M., Sennikov A. M., Stepanenko V. V., Tolкачева V. F., Ushakova M.V., Filina E.A. 2003. King crab in the Barents Sea. Murmansk: PINRO. 382 p. (in Russian).
- Metelyov E.A. 2009. To the question of crab mortality in trap fisheries // Collection papers of MagadanNIIRO. Magadan: MagadanNIIRO. N. 3. P. 173–181. (in Russian).
- Arcement, G., Guillory V. 1993. Ghost fishing in vented and unvented blue crab traps // Proc. La. Acad. Sci. 56:1–7.
- Brown C.G. 1982. The effect of escape gaps on trap selectivity in the United Kingdom crab (*Cancer pagurus* L.) and lobster (*Homarus gammarus* [L.]) fisheries // J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer 40: 127–134.
- Fogarty M.J., Borden D.V. 1980. Effects of trap venting in gear selectivity in the inshore Rhode Island American lobster, *Homarus americanus*, fishery // Fish. Bull. 77:925933
- Guillory, V., Merrell J. 1993. An evaluation of escape rings in blue crab traps // La. Dep. Wildl. Fish., Tech. Bull. 44, 29 p.
- Urban J.D. 2015. Discard mortality rates in the Bering Sea snow crab, *Chionoecetes opilio*, fishery // ICES J. of Marine Science. 72(5). 1525–1529. doi:10.1093/icesjms/fsv004
- Krouse J.S., Thomas J.C. 1975. Effects of trap selectivity and some population parameters on size composition of the American lobster, *Homarus americanus*, catch along the Maine coast // Fish. Bull. 73:862–871.
- Van Engel W.A. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth, and migration // Commer. Fish. Rev. 29(6):6–17.

REFERENCES

- Gromyko G.L. 2005. Statistical Theory. M.: INFRA-M. 476 p. (in Russian).
- Berenbojm B. I., Anisimova N. A., Bakay Y. I., Bakanev S. V., Boytsov V. D., Borisov V. V., Vorobyeva N. K., Zhak Y. E.,

Поступила в редакцию 27.03.2020 г.
Принята после рецензии 09.12.2021 г.