

Промысловые виды и их биология

УДК 574.024, 574.587

**Особенности поведения камчатского краба
в зоне действия конусной ловушки**

Л.К. Сидоров, М.В. Переладов, А.В. Лабутин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: lev_sidorov@mail.ru

Представлены результаты подводного видеонаблюдения за поведением камчатского краба в зоне действия ловушки. С помощью метода видеорегистрации удалось определить соотношение проникших в конусную ловушку к общему количеству появившихся особей, проследить треки передвижения крабов в зависимости от изменения течения. На основе полученных данных описаны поведенческие алгоритмы особей. Показано, что расположение приманки и конструктивные особенности ловушки влияют на уловистость. Для того чтобы проникнуть в ловушку необходимо было в среднем совершить 2,91 попытки. В 93,8% случаях зафиксированы появление и проникновение в ловушку против течения. Средняя скорость появления крабов составила 24,5 экз/ч, скорость проникновения в ловушку 7,9 экз/ч. В поиске приманки краб в основном движется небольшими отрезками (2–3 метра), развивая скорость от 0,11 до 0,38 м/с, в среднем 0,21 м/с, с последующими остановками для идентификации направления источника запаха. Предложен новый метод оценки плотности особей камчатского краба на исследуемом участке на основе скорости заполнения ловушки. Выведенные формулы расчёта плотности позволяют стандартизировать данные и использовать уловы ловушек с различными временными интервалами нахождения под водой. Предложена таблица перехода от улова ловушки к плотности популяции камчатского краба.

Ключевые слова: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, конусная ловушка, коэффициент уловистости, видеонаблюдение, поведение, этограмма, запах, приманка, хемотаксис, течение, площадь облова, плотность популяции.

DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-5–20

ВВЕДЕНИЕ

Промысел камчатских крабов *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) ведётся ловушками, выставленными в виде порядков. Вопрос поведения камчатского краба рядом с ловушкой очень важен, так как с ним связаны методы оценки промысловой численности для формирования общего допустимого улова.

При исследовании уловов, в основном, уделяется внимание непосредственно орудю лова — ловушке, а не поведению объекта промысла. Были вычислены для разных типов ловушек эффективные площади облова, величины которых сильно варьируют в зависимости от региона [Моисеев, 2003а; Островский и др., 2014]. Эти различия связаны с методом вычисления. Многие приёмы

основаны на обратных расчётах анализа подводных исследований или при сопоставлении траловых и ловушечных съёмок [Слизкин, Букин, 2001; Моисеев, Шагинян, 2015]. В России с помощью подводного аппарата «ТИНРО-2» определили плотность крабов на исследуемом участке [Бондарев и др., 1981], а затем провели математические расчёты облавливаемой площади яруса с ловушками. Установлено, что краб должен обнаруживать приманку от 37 м до 75 м без течения и от 65 м до 129 м при придонном течении перпендикулярно оси яруса. В итоге предложена средняя величина 50–60 м, на основе которой обосновывалась площадь облова. Чуть позднее, в процессе продолженных подводных наблюдений была скорректирована зона действия приманок при ведении ловушечного промысла ракообразных, которая составляла 30–50 метров в радиусе приманки [Мирошников и др., 1985; Родин и др., 1997; Переводчиков, 1999]. К сожалению, нет полного описания методики проведения этой работы, т. к. площадь в виде круга можно только использовать при равномерной диффузии, при отсутствии течения.

Один из методов основывается на зоне действия и распространения запаха приманки. Так была предложена математическая модель взаимодействия «хищник-приманка», учитывающая гидродинамические факторы у дна, характеристики приманок (вес и качество), биологическое состояние и пространственное поведение облавливаемых животных [Михеев, 2001]. Модель предполагает, что шлейф запаха распространяется в воде подобно пассивной примеси, и животные взаимодействуют с приманкой за счёт хемотаксиса. Однако же этот расчёт не был подкреплён исследованиями в естественной среде. Есть лабораторные наблюдения при помощи видеосъёмки за поведением особей камчатского краба вблизи ловушки в замкнутой системе [Zhou, Shirley, 1997 a]. В этих работах проведена оценка эффективности ловушки и было установлено, что не каждая попытка камчатского краба проникнуть внутрь была успешна, что очень важно при расчёте коэффициента уловистости орудия промысла.

Поведение крабов рядом с ловушкой в естественных условиях практически не изучено, кроме работ по волосатому крабу в районе размещения орудия лова [Переладов, 1999], и по поведению камчатского краба с применением подводных фотоавтоматов [Переладов, 2009], что связано с трудоёмкостью выполнения экспериментов и отсутствия методов исследования и обработки данных. В 2007–2013 гг. в лаборатории Прибрежных исследований ВНИРО были проведены экспериментальные работы по изучению поведения особей камчатского краба в зоне действия стандартных конусных ловушек японского образца при использовании фотофиксации. Установлено, что дискретность фотосъёмки (интервал 90 секунд) не даёт возможности точно идентифицировать направления движений особей камчатского краба, следовательно, не позволяет получить достоверные данные об индивидуальном поведении особей. Поэтому, в 2013 году проведена работа с применением видеоаппаратуры. Оказалось, что видеофиксация позволяет: получить достоверные данные о поведении отдельных особей; проследить треки передвижения крабов; идентифицировать визуально динамику течения.

Цель работы проанализировать поведение камчатского краба в зоне действия конусной ловушки в естественных условиях, используя материалы видеофиксации. На основе полученных данных: выявить поведенческие алгоритмы и обнаружить закономерности, которые влияют на уловистость ловушек; предложить новый метод оценки плотности особей камчатского краба на исследуемом участке на основе скорости заполнения ловушки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы были проведены лабораторией Прибрежных исследований ВНИРО совместно с сотрудниками ПИНРО в июне 2013 года у мыса Коровий в Баренцевом море. На глубине 23 метров была установлена японская конусная ловушка — ЯКЛ [Моисеев, 2003 a]. В качестве приманки использовали сельдь. В трёх метрах от ловушки расположили видеокамеру. Между каме-

рой и ловушкой размещена мерная сеть из белых полипропиленовых верёвок, образующих квадраты со стороной 0,5 м. Видеосъёмка производилась так, чтобы течение было направлено почти перпендикулярно обзору камеры, справа налево. Площадь обзора разделена на четыре сектора (рис. 1). Время велось от момента касания ловушки дна. Общее время видеосъёмки составило 116 мин. 30 с. Время нахождения ловушки под водой составило 13 часов. За этот отрезок времени улов в ловушке составил 83 экз. камчатского краба. По стандартной методике [Родин и др., 1979] проведён биологический анализ всех пойманных особей: измерение ширины карапакса (ШК); определение стадии линьки у самцов; определение стадии зрелости икры у самок.

Велось визуальное определение наличия течения на всем временном интервале видеофиксации по направлению переноса взвеси [Выскребенцев и др., 1988]. В районе работ суммарное течение складывается из взаимодействия прибрежного мурманского течения и приливных течений. Для исследуемого района характерны средние скорости суммарных течений от 0,1 до 0,3 м/с, а максимальные в приливном цикле до 0,5–0,7 м/с [Дженюк, Потанин, 1990].

Составлен протокол наблюдения, который характеризовал посекундное изменение

поведения всех наблюдаемых особей в пределе поля зрения. Регистрировалось время появления в зоне видеофиксации, ухода из зоны видеофиксации и проникновения в ловушку. Отмечался сектор подхода особи в район конусной ловушки, фиксировалось число «попыток», в результате которых особь могла проникнуть в ловушку. «Попыткой» считалось целенаправленное движение в сторону входа в ловушку с последующим уходом и спуском до основания.

Каждой появлявшейся в площади обзора видеокамеры особи присваивался порядковый номер для идентификации при описании поведения. Не исключено, что если краб уходил из зоны видеофиксации надолго, то по возвращении, ему присваивался следующий порядковый номер. Количество таких особей было минимальным, так как крабы двигались против течения, приходили к ловушке из сектора II (81%), а уходили (95%) через сектора III и IV, соответственно маловероятно, что крабы, ушедшие через эти секторы, возвращались обратно. Всего за период видеофиксации было отслежено поведение у 49 экз. На основе этих наблюдений составлен протокол наблюдения, все данные которого переведены в табличную форму.

Скорость передвижения краба измеряли при помощи установленной мерной сетки (рис. 1). Для этого определялось время

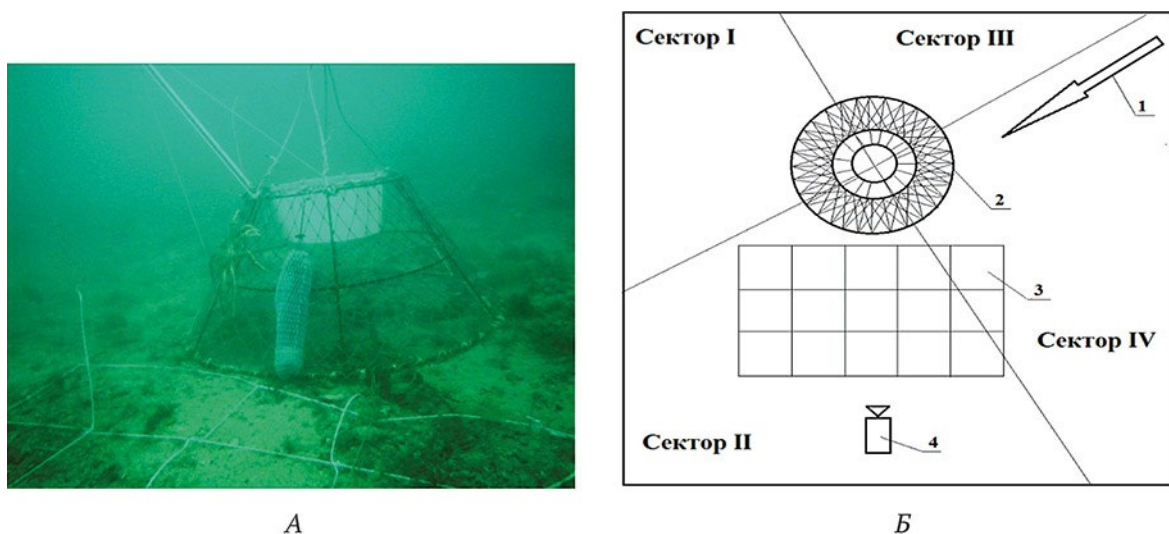


Рис. 1. Фото (А) и схема (Б) эксперимента:

1 — направление течения, 2 — конусная ловушка, 3 — мерная сетка, 4 — видеокамера

в секундах по тайм-коду видеоряда и путь, пройденный особью, по количеству пройденных квадратов. Если особь двигалась вдоль или поперёк, то использовалась длина стороны квадрата (0,5 м), если по диагонали, то длина соответствовала гипотенузе равнобедренного треугольника ($\approx 0,7$ м). Количество измерений составило 54.

Анализировали поведение крабов в ходе конкурентной борьбы за источник корма, отмечались моменты коммуникации, потери интереса к ловушке и уход из зоны видеофиксации. На основе разработанных методических рекомендаций ВНИРО оценивалась двигательная активность по четырёхбалльной шкале (от 0 до 3) [Выскребенцев и др., 1988] и характер коммуникации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первое реагирование особей камчатского краба на конусную ловушку в эксперименте зафиксировано через 31 секунду после того, как она полностью коснулась дна. Вероятно, эта особь подходила на звук или «вибрацию» от падения на дно ловушки, так как запах приманки ещё не распространился.

На запах приманки первый пришедший камчатский краб отмечен на седьмой минуте, в его поведении отмечалось целенаправленное движение к ловушке (двигательная активность — 3 балла), подойдя к которой, он сразу начинал перемещаться к входному отверстию. Первое проникновение в ловуш-

ку камчатского краба было зафиксировано через 15 мин. 17 с.

Всего за время видеофиксации в ловушку проникли 16 крабов из 49 наблюдавшихся. По окончании эксперимента (13 ч) улов ловушки составил 83 экз., из которых количество самок составило 70 экз., что соответствует 84,3%; самцов — 13 экз. — 15,7%. Размерный состав отловленных крабов представлен на рис. 2. Минимальный размер ШК у самцов составил 128 мм, максимальный — 176 мм, средний — 145 мм; у самок — 114, 154 и 131 мм, соответственно. Все самцы II стадии линьки, у одного не было третьей правой конечности. Все самки, кроме одной, были с икрой.

Зафиксировано направление течения по перемещению взвеси из сектора IV в сектор II, определены 3 интервала времени, когда течение останавливалось. Эти события произошли на 39, 67 и 108 минутах наблюдения. Остановка длилась не более 2-х минут. При возобновлении течения отмечалось появление новых особей камчатского краба в зоне видеофиксации (рис. 3).

Из 49 особей, пришедших к ловушке, 16 экз. (32,7%) проникли внутрь ловушки. Средняя скорость появления крабов составила 24,5 экз/ч, тогда как скорость проникновения в ловушку 7,9 экз/ч. Эти величины взаимосвязаны, чем больше количество появившихся особей камчатского краба в зоне видеофиксации, тем выше скорость заполне-

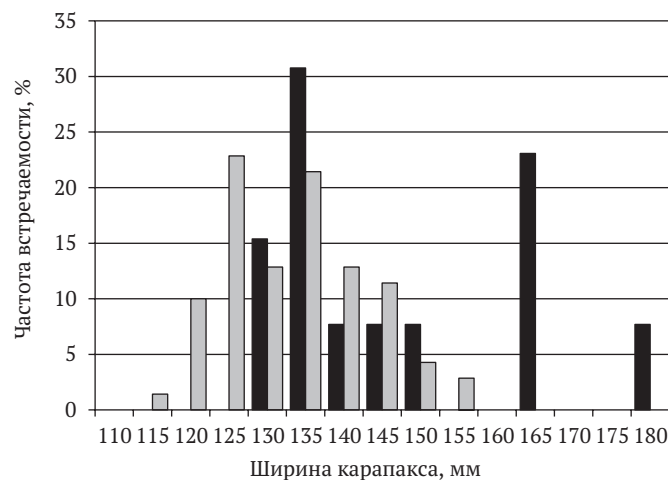


Рис. 2. Размерная характеристика ловушечного улова за 13 часов самцов (черный, $n = 13$) и самок (серый, $n = 70$) камчатского краба

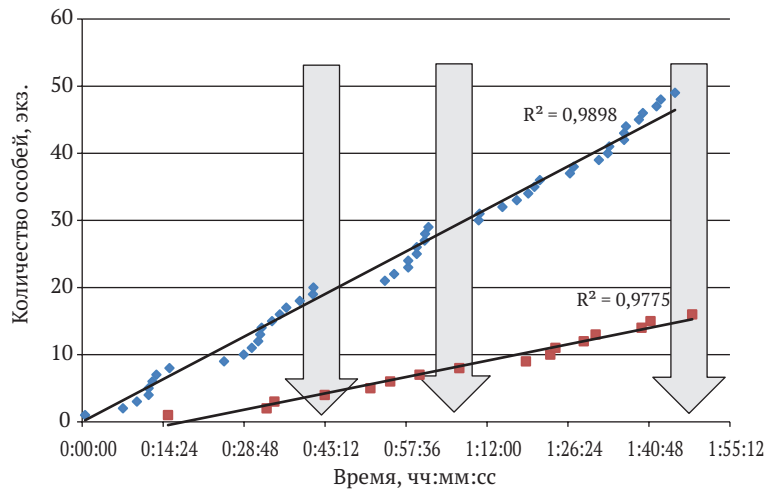


Рис. 3. Нарастающая величина (синий) появления новых особей камчатского краба в зоне видеофиксации и нарастающая величина (красный) проникших в ловушку крабов (стрелками выделены 3 интервала времени остановки течения).

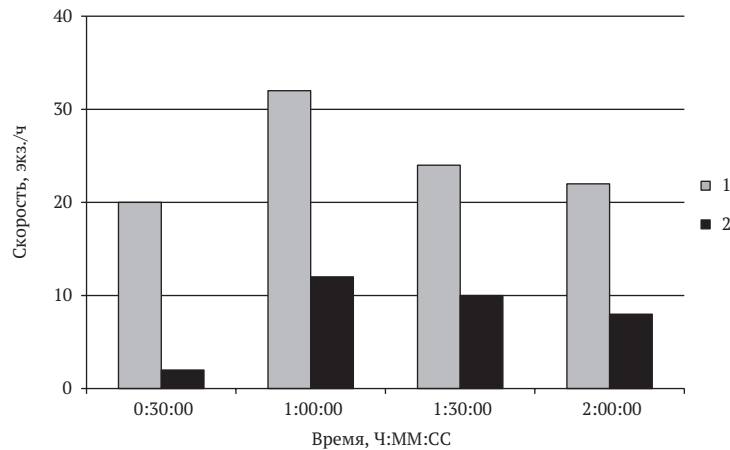


Рис. 4. Динамика скорости появления новых особей камчатского краба (1) и скорости заполнения ловушки (2)

ния ловушки (рис. 4). Отношение этих скоростей характеризует коэффициент уловистости конусной ловушки в эксперименте, который равен $q = 0,324$.

Время от появления в зоне видеофиксации до проникновения в ловушку особи камчатского краба варьировало от 1 мин. 36 с до 29 мин. 57 с, в среднем 16 мин. 41 с. (табл. 1). Количество попыток проникнуть внутрь составило от 1 до 5, для того чтобы проникнуть необходимо было в среднем совершить 2,91 попытки. Время от появления до ухода из зоны видеофиксации особи камчатского краба варьировалось от 20 с до 21 мин., в среднем 9 мин. 55 с. Появление новых особей в зоне фиксации по секторам:

I — 4 экз. (8,2%), II — 40 экз. (81,6%), III — 0 экз. (0%) и IV — 5 экз. (10,2%). После потери «интереса» к ловушке 95% крабов двигались в направлении III–IV секторов.

При подходе к ловушке двигательная активность наблюдаемых особей камчатского краба составляла 2 балла, в районе ловушки при отсутствии течения снижается до 1 балла. В единичных случаях регистрировалось до 3 баллов, когда особь целенаправленно двигалась к источнику запаха. В поиске краб в основном двигается небольшими отрезками 2–3 метра, развивая скорость от 0,11 до 0,38 м/с, в среднем 0,21 м/с, с последующими остановками для идентификации направления расположения приманки.

Таблица 1. Регистрационные данные из протокола наблюдения особей камчатского краба

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	0:00:31	0:04:31 (04:00)		0	IV	26	0:59:30	1:00:20 (00:50)		0	II
2	0:07:15		0:15:17 (08:02)	3	II	27	1:00:55	1:12:17 (11:22)		1	I
3	0:09:45	0:10:05 (00:20)		0	IV	28	1:01:00	1:14:05 (13:05)		2	I
4	0:11:50		0:32:48 (20:58)	5	II	29	1:01:36		1:29:12 (27:36)	3	IV
5	0:11:50	0:19:05 (07:15)		2	II	30	1:10:31	1:20:35 (10:04)		2	II
6	0:12:31	0:12:55 (00:24)		0	IV	31	1:10:41	1:21:40 (10:59)		2	II
7	0:13:12		0:43:09 (29:57)	4	II	32	1:14:45		1:23:16 (8:31)	2	I
8	0:15:32		0:34:12 (18:40)	4	II	33	1:17:19		1:18:55 (01:36)	1	II
9	0:25:15	0:26:33 (01:18)		1	II	34	1:19:20		1:24:10 (04:50)	2	II
10	0:28:44	0:33:31 (04:47)		0	I	35	1:20:27			2	II
11	0:30:11	0:43:20 (13:09)		1	II	36	1:21:25		1:48:30 (27:05)	3	II
12	0:31:19	0:52:20 (21:01)		4	II	37	1:26:46		1:31:20 (04:34)	2	II
13	0:31:40	0:52:20 (20:40)		2	II	38	1:27:26		1:39:30 (12:04)	2	II
14	0:31:55		0:51:15 (19:20)	2	II	39	1:31:54			2	II
15	0:33:47	0:54:20 (20:33)		2	II	40	1:33:30			1	II
16	0:35:09		1:00:00 (24:51)	3	II	41	1:33:45			1	II
17	0:36:19	0:51:42 (15:23)		1	II	42	1:36:24		1:41:05 (04:41)	2	II
18	0:38:42		1:07:05 (28:23)	3	II	43	1:36:24			2	II
19	0:41:03		0:54:47 (13:44)	3	II	44	1:36:43			2	II
20	0:41:08	0:53:40 (12:32)		1	II	45	1:39:02			2	II
21	0:53:50	1:08:45 (14:55)		2	II	46	1:39:44			1	II
22	0:55:30	1:08:45 (13:15)		1	II	47	1:42:10			1	II
23	0:58:00	1:08:45 (10:45)		1	II	48	1:42:54			0	II
24	0:58:00	1:08:45 (10:45)		1	II	49	1:45:27			0	II
25	0:59:30	1:00:20 (00:50)		0	IV						

Примечание: 1 — Порядковый номер особи; 2 — время появления в зоне видеофиксации, ч: мм: сс; 3 — время ухода из зоны видеофиксации (суммарное время нахождения у ловушки, мм: сс), ч: мм: сс; 4 — время проникновения в ловушку (суммарное время, потребовавшееся для проникновения в ловушку, мм: сс), ч: мм: сс; 5 — число попыток проникновения в ловушку; 6 — сектор появления.

Между особями камчатского краба агрессии не наблюдалось. Каждый вновь появившийся краб тактильно коммуницировал с другим крабом или с группой особей по типу эквипотенциальных групповых отношений [Выскребенцев и др., 1988]. Характер коммуникации можно разделить на следующие категории:

- коммуникация двух особей крабов, затем совместное передвижение в сторону ловушки или от неё — 10% особей;

- группировка крабов около основания ловушки в виде «подинга» и дальнейшее совместное движение по боковой стенке, образуя вереницу — 70% особей;

- группировка крабов по 3–6 особей рядом с ловушкой, с последующим рассредоточением по парам или по периметру основания ловушки — 20% особей.

На основе полученных данных выявлены следующие поведенческие алгоритмы. Двигаясь в сторону ловушки против течения, особь попадала в зону регистрации видеокамеры в 81,6% случаях со стороны II сектора. Если на пути передвижения встречалась другая особь, то, обычно, между ними происходила тактильная коммуникация, после которой они продолжали движение к ловушке. Около основания ловушки со стороны II сектора происходило группирование особей с последующим совместным движением вверх ко входу в ловушку. При переходе с боковой на горизонтальную поверхность конусной ловушки крабы испытывали сложности, помехой служили и поводцы-верёвки крепления орудия лова. Зафиксировано 93,8% проникновений со стороны I–II секторов. После неудачной

попытки забраться внутрь ловушки, крабы спускались обратно к основанию. Часть ($\approx 15\text{--}20\%$) крабов останавливалась на середине боковой стенки ловушки на уровне банки с приманкой и пыталась через сетное полотно достать корм. При прекращении течения, отмечалась дезориентация всех особей, что выражалось в отдалении от ловушки, рассредоточении по всей зоне наблюдения, уходе из зоны видимости. Когда течение возобновлялось, вновь регистрировался «интерес» крабов к ловушке.

Некоторые камчатские крабы ($\approx 14\%$) добывали пищу рядом с ловушкой, не реагируя на неё. Такое поведение может быть объяснено высоким расположением шлейфа запаха приманки от дна возле ловушки, так называемой «слепой» зоной (рис. 5), где сложно идентифицируется направление градиента запаха, т. е. особи камчатского краба были дезориентированы — «теряли» направление запаха приманки. Подобная зона есть и выше уровня крепления банки с приманкой. В этой зоне особь оставалась на боковой поверхности ловушки в районе максимальной концентрации запаха, также регистрировались случаи возвращения краба от диффузора ловушки, — т. н. «неудачная попытка проникновения в ловушку».

Поэтому большую роль на распространение запаха приманки оказывают наличие и отсутствие течения. Почти 45% крабов потеряли интерес к ловушке после прекращения течения, т. к. происходила дезориентация направления градиента запаха и, как следствие, уход из зоны действия ловушки. За период наблюдения три раза фиксировалась остановка течения, как следствие, —

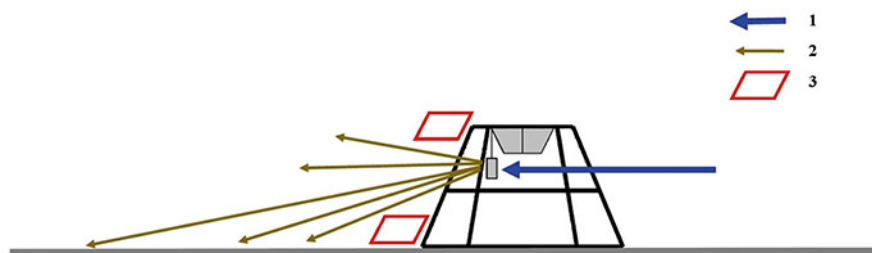


Рис. 5. Схема распространения запаха приманки:

1 — течение, 2- направления шлейфа запаха, 3 — «слепая» зона

активность краба около ловушки падала и, наоборот, с возобновлением течения возрастала.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты не противостоят экспериментальным работам, из которых известно, что особи камчатского краба обладают превосходным хемосенсорным восприятием и реагируют на запахи от приманки в чрезвычайно низких концентрациях до 10^{-6} г/л [Zhou, Shirley, 1997 b]. Как у многих других ракообразных, хемотаксис камчатского краба направлен на поиск потенциальных пищевых ресурсов путём отслеживания химических сигналов. Это поведение — ориентационная реакция, в которой двусторонний баланс является сутью реакции [Fraenkel, Gunn, 1961]. При идеальном хемотаксисе животные выравниваются в направлении источника и двигаются прямо к нему. Для поддержания поведенческого ответа химический аттрактант (источник) должен быть непрерывным для поддержания поведенческого ответа. В эксперименте по привлечению хищных голубых крабов-плавунцов (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) приманкой из моллюсков, обнаружили, что реотаксис и хемотаксис были необходимы для успешной ориентации. В тот момент, когда крабы достигали края шлейфа запаха, они изменяли направление в сторону увеличения градиента [Zimmer-Faust et al., 1995].

Краб совершает миграции, средняя скорость смещения промысловых самцов камчатского краба от 16 до 76 м/ч в летний период и от 15 до 25 м/ч в осенний по результатам мечения [Переводчиков, 2001]. По данным Н.Б. Тальберг [2005] по результатам мечения скорость составляла 34,7 м/ч. При смещении промысловых самцов с 70 до 100 м скорость составляет 58,3 м/ч [Буяновский и др., 1999]. Траектория передвижения особи обычно напоминает ломаную линию, и отдельные крабовые косяки смещаются на две мили в сутки [Виноградов, 1955; Клитин, 1996]. Естественно, что скорость возрастает при целенаправленном движении к пище на коротких расстояниях (2–3 м) и может достигать одной мили в час (или 0,5 м/с)

[Навозов-Лавров, 1927]. Тогда как средняя скорость движения камчатского краба при поиске к приманке в лабораторных условиях составляла 25,2 м/ч [Логвинович, 1945].

Итак, особи камчатского краба двигаются со средней скоростью перемещения скопления до момента обнаружения запаха приманки, которая стимулирует к ускорению в сторону ловушки. В дальнейшем перемещение связано с градиентом запаха, который зависит от направления и скорости течения. При потере шлейфа запаха краб дезориентируется и теряет направление передвижения. Так Д.Н. Логвинович [1945] в одном из опытов поместил приманку в 5 см от краба, который затратил на её поиск 65 минут. Автор тем самым доказал, что хемотаксис является главной двигательной реакцией при поиске корма. В условиях бассейна нет устойчивого однонаправленного потока, и краб не может правильно определить положение корма по градиенту [Павлов, 2003]. Нами было отмечено падение скорости передвижения особей камчатского краба при замедлении или отсутствии течения.

Исследования показали, что для проникновения в конусную ловушку камчатскому крабу требуется совершить несколько попыток (табл. 1). Это подтверждается экспериментальными работами более раннего периода [Zhou, Shirley, 1997 a]. Вероятность успешного проникновения в ловушку увеличивается с количеством совершенных попыток, в среднем в 2,9 раза.

Конструктивная особенность конусных ловушек — вертикальный вход — является препятствием для проникновения внутрь, так как крабу необходимо перевалиться через верхнее кольцо ловушки. Помимо этого, проникновению в ловушку мешают верёвки-поводцы. Видимо поэтому, у особей камчатского краба выше вероятность проникновения внутрь прямоугольной ловушки через боковые входы. Похожие выводы были сделаны для волосатого краба, который гораздо быстрее двигается по слабонаклонной стенке ловушки в боковые входы [Переладов, 1999]. В нашем эксперименте несколько раз регистрировались попытки войти в ловушку группой из нескольких крабов, но

особи тем самым мешали друг другу, так как им сложно удержаться на крутой наклонной плоскости.

На увеличение попыток проникновения влияет расположение банки с приманкой. Вместо перемещения к вертикальному входу крабы располагаются на уровне банки и через сетку пытаются своими конечностями достать до приманки ($\approx 15\text{--}20\%$). Подобное поведение крабов привело к необходимости совершенствования конструкции конусной ловушки, где приманка расположена в самом входе ловушки (рис. 6), и как следствие увеличению её уловистости [Кулага, Осипов, 2007].

Отмечались отличия уловистости с разным количеством и расположением отверстий у «американских» и «японских» ловушек [Переладов, 1999; Михеев, Клитин, 2000; Моисеев, 2003 а; Островский и др., 2014]. У прямоугольной ловушки расположение входов с двух сторон сбоку и приманка находится на линии движения особей, что увеличивает вероятность проникновения внутрь с меньшего количества попыток. Вероятно поэтому и обосновываются различия в расчёте эффективной площади облова у разных типов орудий лова, особенно между конусными (3300 м^2) и прямоугольными американскими ($16\,100\text{ м}^2$) ловушками.

Метод расчёта плотности

Двигаясь к ловушке, камчатский краб ориентируется, используя хемотаксис и ре-

отаксис, поэтому необходимо определить зону устойчивого действия приманки на особей этого вида. Как раз эта зона будет соответствовать эффективной площади облова. Распространение шлейфа запаха зависит от турбулентной диффузии, а форма определяется течением. Зона приманивания влияет на зону облова посредством передачи хищникам сигналов о положении приманки [Михеев, 2002].

Многие используют эффективную площадь облова ловушки, но возникает вопрос, как считать, если ловушка стоит 1 минуту или 5 суток. Понятно, что эта величина будет разная, чем дольше стоит ловушка, тем больше площадь облова, но не предельна, т. к. заканчивается время действия приманки, а также размывается устойчивый градиент запаха. Задача очень сложная, т. к. зависит от множества переменных: времени нахождения ловушки — чем дольше стоит, тем дальше распространяется запах; скорости передвижения особей; скорости и направления придонного течения; рельефа дна; температуры воды.

Можно рассчитать время действия приманки и скорость заполнения ловушки. Последняя величина, несомненно, связана с количеством крабов, находящихся в зоне действия, чем выше численность — тем выше скорость заполнения. Коэффициент корреляции улова и плотности распределения в точке постановки ловушки по дан-

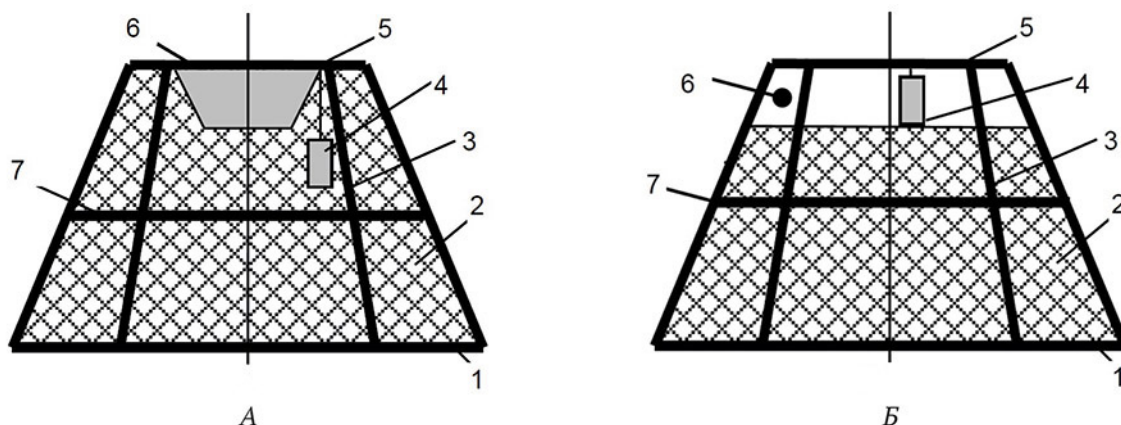


Рис. 6. Типы крабовых ловушек:

А — стандартная крабовая коническая ловушка; Б — новая конструкция крабовой ловушки; 1 — нижнее кольцо; 2 — сетчатая оболочка; 3 — опора; 4 — банка для приманки; 5 — верхнее кольцо; 6 — вход; 7 — промежуточное кольцо (рисунок из работы В.Г. Кулага и В.В. Осипова [2007])

ным В.А. Переводчикова [1999] составляет 0,9858.

Поэтому, мы считаем, что для оценки численности необходимо найти способ перехода от скорости заполнения ловушки к плотности особей камчатского краба в исследуемом районе.

Пусть $N(t)$ — количество трофически активных особей [Низязев, Букин, 2001] в период времени t (время нахождения ловушки под водой), на которое действует приманка, и у них есть возможность достигнуть и проникнуть в ловушку. Это важно, так как распознать запах приманки особи могут на расстоянии, которое они физически не смогут преодолеть за время нахождения ловушки под водой. Пусть $N_{\text{лов.}}(t)$ — количество особей, попавших внутрь ловушки за время t , а q — коэффициент уловистости, тогда $N_{\text{лов.}}(t) = q \times N(t)$. Оцениваемая плотность популяции $P_N = \frac{N(t)}{S(t)}$, где $S(t)$ площадь, на которую распространился запах приманки в интервале времени t . Если в зоне постановки ловушки есть течение, то площадь распространения запаха будет иметь форму сектора круга, площадь которого равна $S(t) = \pi \times R(t)^2 \times \frac{\varphi}{360^\circ}$, φ — угол сектора в градусах. Радиус (R) зависит от скорости течения воды (v_m) при малых величинах $R(t) = v_m \times t$, а при больших — от скорости передвижения особи краба ($v_{\text{кр.}}$) к приманке $R(t) = v_{\text{кр.}} \times t$.

Для более точного расчёта площади облова вводим поправочный коэффициент — $\alpha = 19857\text{с}$, вычисленный для учёта зоны устойчивого восприятия запаха особями камчатского краба на основе экспериментальных работ S. Zhou и T.C. Shirley [1997 b]. Если $t \leq 19857\text{с}$, то $\alpha = t$.

Введём $v_{\text{ср.}}$ — средняя скорость заполнения ловушки¹, тогда:

$$v_{\text{ср.}} = \frac{N_{\text{лов.}}(t)}{t},$$

следовательно $N(t) = \frac{v_{\text{ср.}} \times t}{q}$.

В итоге получаем для одиночной ловушки:

$$P_N = \frac{360 \times v_{\text{ср.}}}{\varphi \times q \times \pi \times v_m^2 \times \frac{2t\alpha - \alpha^2}{t}} \quad \text{при } v_m < v_{\text{кр.}}, \quad (1)$$

$$P_N = \frac{360 \times v_{\text{ср.}}}{\varphi \times q \times \pi \times v_{\text{кр.}}^2 \times \frac{2t\alpha - \alpha^2}{t}} \quad \text{при } v_m > v_{\text{кр.}} \quad (2)$$

Из формул видно, что плотность прямо пропорциональна скорости заполнения ловушки ($v_{\text{ср.}}$) и обратно пропорциональна времени (t).

Угол φ — зависит от течения: чем сильнее течение, тем меньше угол сектора. При отсутствии течения площадь сводится к площади круга, а в формуле используется скорость диффузии вещества в жидкости.

В 2013 году скорость заполнения конусной ловушки равнялась 7,9 экз/ч, что соответствует 0,0022 экз/с, скорость распространения запаха равнялась скорости течения (приблизительно 0,5–0,7 м/с), что значительно превосходит скорость движения камчатского краба при поиске приманки — 0,007² м/с [Логвинович, 1945], угол прибытия крабов 90, коэффициент уловистости равнялся 0,324.

$$P_N = \frac{360 \times 0,0022 \text{ экз./с}}{90 \times 0,324 \times 3,14 \times (0,007 \text{ м/с})^2 \times 30587 \text{ с}} \approx 0,006 \frac{\text{экз}}{\text{м}^2}.$$

Исходя из этой величины (0,006 экз/м²), плотность крабов в районе полигона наблюдений составляла 6 тыс. экз/км², что соизмеримо с распределением камчатского краба в промысловых скоплениях Варангер-фиорда [Моисеев, 2003 б; Моисеев и др., 2005].

При вычислении средней скорости заполнения ловушки необходимо учитывать продолжительность застоя. При длительном интервале времени (более 24 часов) происходит снижение градиента запаха на всей площади распространения, из-за истощения

¹ Количество проникновений в ловушку особей камчатского краба в единицу времени.

² 25,2 м/ч средняя скорость движения камчатского краба за час при поиске приманки.

запаса приманки, что приводит к искажению расчёта, поэтому нужно использовать время активного растворения приманки.

На основе формулы (2) для одиночной ловушки получены расчёты плотности особей камчатского краба для ловушек в порядке:

$$P_N = \frac{v_{cp.} \times n}{q \times v_{кр.} \left(\frac{\pi \times \varphi \times v_{кр.}}{360} \times \frac{2t\alpha - \alpha^2}{t} + l(n-1) \right)} \quad (3)$$

где n — количество ловушек в порядке, l — расстояние между ловушками.

В 2015 и 2017 гг. в сентябре было обнаружено устойчивое скопление камчатского краба в районе средней части о-ва Парамушир [Сидоров, 2016, 2019]. Максимальные уловы составляли 12 экз. на коническую ловушку за сутки застоя, при средних — 2,71 экз/лов. Проведём расчёт для максимальной плотности, если известно, что в порядке было 15 ловушек на расстоянии 15 м.

$$P_N = \frac{0,00014 \frac{\text{экз.}}{\text{с}} \times 15}{0,324 \times 0,007 \text{ м/с} \times \left(3,14 \times \frac{90}{360} \times 0,007 \text{ м/с} \times 193 \text{ с} + 15 \times (15-1) \right)} \approx 0,0023 \frac{\text{экз.}}{\text{м}^2}.$$

Исходя из этой величины 0,0023 экз/м² при максимальных уловах, плотность кра-

бов в центре скопления составляла 2,3 тыс. экз/км², а при средних уловах — плотность скопления составляет 0,5 тыс. экз/км², что сопоставимо с результатами по плотностям краба по данным траловых съёмок в данном районе [Клитин, 2003].

Полученные формулы расчёта позволяют унифицировать данные с различными временными интервалами нахождения ловушек под водой. Приводим расчёты плотности камчатского краба в исследуемом районе при различных показателях улова, временных интервалах под водой орудия лова и угла сектора распространения запаха приманки (табл. 2).

ВЫВОДЫ

Метод видеорегистрации позволяет оценить поведение камчатского краба около орудия лова. Установлено, что в зоне действия конусной ловушки поведение краба преимущественно связано с реакцией на запах.

В поиске приманки камчатский краб в основном движется небольшими отрезками 2–3 метра, развивая скорость на этом промежутке от 0,11 до 0,38 м/с, в среднем 0,21 м/с. Средняя скорость передвижения

Таблица 2. Оценка плотности особей камчатского краба на исследуемом участке на основе улова конусной ловушки при разных значениях застоя и угла (φ) (значение 135° из работы S. Zhou and T.C. Shirley [1997 a])

Улов, экз/лов.	$\nu_{cp.}$, экз/ч 12 ч.	Плотность P_N , экз/км ²		$\nu_{cp.}$, экз/ч 24 ч.	Плотность P_N , экз/км ²	
		$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = 135^\circ$		$\varphi = 90^\circ$	$\varphi = 135^\circ$
Для одиночной конусной ловушки						
1	0,08	61	40	0,04	26	18
5	0,42	304	202	0,21	132	88
10	0,83	607	405	0,42	264	176
20	1,67	1215	810	0,83	528	352
50	4,17	3036	2024	2,08	1321	881
100	8,33	6073	4048	4,17	2642	1761
200	16,67	12145	8097	8,33	5284	3523
Для порядка из 10 ловушек						
1	0,08	334	261	0,04	154	119
5	0,42	1668	1306	0,21	770	595
10	0,83	3337	2612	0,42	1541	1191
20	1,67	6673	5225	0,83	3082	2381
50	4,17	16684	13062	2,08	7704	5953
100	8,33	33367	26124	4,17	15409	11905

краба в скоплении за сутки значительно меньше и по анализу разных литературных источников составляет — 0,007 м/с.

Не каждая попытка камчатского краба проникнуть внутрь ловушки камчатского краба является успешной. Из пришедших к ловушке особей только 32,7% оказались внутри неё. Для проникновения в ловушку крабам требовалось совершить в среднем более 2,91 попыток.

Коэффициент уловистости зависит от конструкции ловушки и расположения приманки. Для ловушек, имеющих боковые входы, он будет выше, чем у ловушек с вертикальным входом.

Предложен метод расчёта плотности особей камчатского краба на основе скорости заполнения ловушки. Данный метод позволяет унифицировать данные с различными временными интервалами нахождения ловушек под водой. Показано, что плотность скопления камчатского краба и скорость заполнения ловушки прямо пропорциональны и связаны между собой коэффициентом уловистости, средней скоростью передвижения особи в скоплении и углом распространения шлейфа запаха приманки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность Стеско А.В. и сотрудникам ПИНРО, оказавшим помощь в проведении эксперимента. Важную роль в подготовке статьи сыграли замечания и рекомендации Моисеева С.И. и Борисова Р.Р.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарев В.А., Попов В.В., Полотов А.И. 1981. Выбор оптимальных размеров ярусов крабовых ловушек // Рыбное хозяйство. № 12. С. 48–49.
- Буяновский А.И., Вагин А.В., Полонский В.Е., Сидоров Л.К. 1999. О некоторых особенностях экологии камчатского и синего крабов в районе северо-западной Камчатки // Прибрежные гидробиологические исследования. С. 126–142.
- Виноградов Л.Г. 1955. Беспозвоночные. Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) // Труды ИО АН СССР. Т. 14. С. 115–118.
- Воскресенцев Б.В., Муравьев В.Б., Федоров В.В., Савченко Н.В., Аронов М.П., Бадулин В.Б., Пышнев В.А., Заферман М.Л., Петров В.П., Сумерин В.А. 1988. Методические рекомендации по применению подводных аппаратов в рыбохозяйственных исследованиях. М.: ВНИРО. 108 с.
- Дженюк С.Л., Потанин В.А. 1990. Непериодические и суммарные течения // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Ф.С. Терзиева, Г.В. Гирдюка, Г.Г. Зыковой, С.Л. Дженюка. СПб: Гидрометеоиздат. С. 227–231.
- Кулага В.Г., Осипов Е.В. 2007. Исследование уловистости конических крабовых ловушек // Научные труды Дальрыбвтуза № 19. С. 154–157.
- Клитин А.К. 1996. Камчатский краб шельфовой зоны о. Сахалин (литературный обзор, история промысла, пространственная и функциональная структура популяций) // Вестник сахалинского музея № 1(3). С. 324–342.
- Клитин А.К. 2003. Камчатский краб у берегов Сахалина и Курильских островов: биология, распространение и функциональная структура ареала // Бюллетень журнала «Вопросы Рыболовства». М.: Нац. рыбн. ресурсы. 249 с.
- Логвинович Д.Н. 1945. Аквариальные наблюдения над питанием камчатского краба // Известия ТИНРО. Т. 19. С. 79–97.
- Мирошников В.В., Пискунов А.И., Мясоедов В.И. 1985. Исследования биологических ресурсов промысловых беспозвоночных с применением подводных обитаемых аппаратов // Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР: тез. докл. Владивосток: ТИНРО. С. 94–95.
- Михеев А.А. 2001. Определение промысловых параметров крабовых ловушек с помощью математической модели «хищник-приманка» // Вопросы рыболовства. Т. 2. № 3(7). С. 518–541.
- Михеев А.А. 2002. Проблемы прямого учёта промысловых донных беспозвоночных // Вопросы рыболовства. Т. 3. № 1(9). С. 137–148.
- Михеев А.А., Клитин А.К. 2000. Зависимость уловов на ловушку крабов *Paralithodes* spp. от типа ловушки, продолжительности застоя и числа ловушек в порядке // Вопросы рыболовства. Т. 1. № 2–3, ч. 2. С. 56–59.
- Моисеев С.И. 2003 а. Изучение производительности крабовых ловушек различного типа в прибрежной зоне Баренцева моря // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 178–191.
- Моисеев С.И. 2003 б. Промыслово-биологические исследования камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в январе-марте 2002 г. в прибрежной зоне Варангер-фиорда // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 151–177.
- Моисеев С.И., Вагин А.В., Полонский В.Е. 2005. Характеристика осенних скоплений камчатского краба в Варангер-фиорде и тактика его промысла на ограниченном полигоне // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 194–211.

- Моисеев С.И., Шагинян Э.Р. 2015. Вариабельность основных параметров траловой и ловушечной съёмок при учёте крабов // Промысловые беспозвоночные: VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным. Мат. докл. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». С. 82–87.
- Навозов-Лавров Н.П. 1927. Материалы по этиологии и по промыслу краба в зал. Петра Великого // Производительные силы Дальнего Востока. Хабаровск-Владивосток. Вып. 4. (Животный мир. Владивосток). С. 181–211.
- Низяев С.А., Букин С.Д. 2001. Методологические аспекты использования траловых и ловушечных данных для научных целей // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. II. С. 644–658.
- Островский В.И., Ткачева О.Б., Харитонов А.В., Шаленко В.Н. 2014 Эффективная площадь облова крабов ловушками в северо-западной части Татарского пролива // Известия ТИНРО. Т. 178. С. 261–270.
- Павлов В.Я. 2003. Жизнеописание краба камчатского *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1885). М.: Изд. Москва. 110 с.
- Переводчиков В.А. 1999. Характеристика действия приманки на камчатского краба // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов. Тез. докл. конф. молодых учёных. Владивосток, ТИНРО-Центр, 24–26 мая 1999. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 88–90.
- Переводчиков В.А. 2001. Миграции камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в Аяно-Шантарском районе Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. II. С. 663–665.
- Переладов М.В. 1999. Некоторые аспекты поведения волосатого краба в естественных условиях в районе размещения орудий лова. // Прибрежные гидробиологические исследования С. 155–162.
- Переладов М.В. 2003. Некоторые особенности распределения и поведения камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*), на прибрежных мелководьях Баренцева моря. // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 103–119.
- Переладов М.В. 2009. К вопросу об уловистости крабовых ловушек // Тезисы докладов 10-го съезда ГБО при РАН, Владивосток: Дальнаука. С. 307–308.
- Родин В.Е., Блинов Ю.Г., Мирошников В.В. 1997. Ресурсы крабов в Российской экономической зоне дальневосточных морей // Рыбное хозяйство. № 6. С. 27–29.
- Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мясоедов В.И., Барсуков В.Н., Мирошников В.В., Згуровский К.А., Канарская О.А., Федосеев В.Я. 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных // Десятиногих дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ТИНРО. 59 с.
- Сидоров Л.К. 2016. Перспектива промысла крабов в охотоморской части Северных Курильских островов: камчатского, волосатого четырехугольного и краба-стригуна Бэрди // Труды ВНИРО. Т. 161. С. 38–51.
- Сидоров Л.К. 2019. О влиянии температуры воды на распределение крабов в районе северных Курильских островов // Труды ВНИРО. Т. 175. С. 20–35.
- Слизкин А.Г., Букин С.Д. 2001. Некоторые проблемы оценки запасов промысловых крабов и опыт определения площади эффективного облова прямоугольных ловушек // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. II. С. 625–633.
- Тальберг Н.Б. 2005. Сравнительная характеристика особенностей миграций камчатского краба в прибрежных акваториях Баренцева и Охотского морей // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 91–101.
- Fraenkel G.S., Gunn D.L. 1961. The Orientation of Animals. Dover Publications, Inc., NY, 376 pp.
- Zhou S., Shirley T.C. 1997 a. Behavioural responses of red king crab to crab pots // Fisheries Research № 30 p. 177–189.
- Zhou S., Shirley T.C. 1997 b. Chemoreception and feeding responses of red king crabs to potential bait extracts // Crustacean Research № 26 p. 1–15.
- Zimmer-Faust R.K., Finelli C.M., Pentcheff N.D., Wetthey D.S. 1995. Odor plumes and animal navigation in turbulent water flow: a field study. Biol. Bull., 188 (2): p. 111–116.

Поступила в редакцию 23.07.2019 г.
Принята после рецензии 20.11.2019 г.

Commercial species and their biology

Features behavioral reactions of the Red King crab
in the zone of action of the conical crab pot

L.K. Sidorov, M.V. Pereladov, A.V. Labutin

Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow, Russia

The article presents the results of underwater video observation of conical crab pot in vivo. The behavior of the king crab in the zone of action of conical crab pot is analyzed. Using the video recording method, it was possible to accurately determine the ratio of individuals that entered the pot to the total number of individuals that appeared, to track the movement of crabs depending on the change in current. Based on the data obtained, the behavioral algorithms of individuals are described. It was shown that the location of the bait and the design features of the pot affect the catch efficiency. In order to entry into the pot it was necessary to make 2.91 attempts on average. In 93.8% of cases, the appearance and entry of a pot against the current was recorded. The average crab appearance rate was 24.5 ind./h, and the entry rate into the pot was 7.9 ind./h. In search of bait, the crab mainly moves in small segments of 2–3 meters, developing a speed of 0.11 to 0.38 m/s, an average of 0.21 m/s, with subsequent stops to identify the direction of the smell source. A new method is proposed for estimating the density of individuals of the red king crab in the study area based on the speed of catching the pot. The derived formulas for calculating the density make it possible to standardize the data and use the catches of pots with different time intervals of being under water. The table is proposed for the transition of the pot catch to the population density of the red king crab.

Keyword: Red King crab *Paralithodes camtschaticus*, catch efficiency, video recording, behavior, smell, bait, chemotaxis, current, area of catch, population density.

DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-5-20

REFERENCES

- Bondarev V.A., Popov V.V., Polutov A.I. 1981. Vybór optimal'nykh razmerov yarusov krabovykh lovushek [Selection of optimal longline crab pots sizes] // Rybnoe khozyajstvo. № 12. S. 48–49.
- Buyanovskij A.I., Vagin A.V., Polonskij V.E., Sidorov L.K. 1999. O nekotorykh osobennostyakh ehkologii kamchatskogo i sinego krabov v rajone severo-zapadnoj Kamchatki [On some ecological features of red and blue king crabs in the northwestern Kamchatka region] // Pribrezhnye gidrobiologicheskie issledovaniya. S. 126–142.
- Vinogradov L.G. 1955. Kamchatskij krab (*Paralithodes camtschaticus*) [King crab (*Paralithodes camtschaticus*)] // Trudy IO AN SSSR. T. 14. S. 115–118.
- Vyskrebentsev B.V., Murav'ev V.B., Fedorov V.V., Savchenko N.V., Aronov M.P., Badulin V.B., Pupyshov V.A., Zaferman M.L., Petrov V.P., Sumerin V.A. 1988. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu podvodnykh apparatov v rybokhozyajstvennykh issledovaniyakh [Guidelines for the use of underwater vehicles in fisheries research]. M.: VNIRO. 108 s.
- Dzhenyuk S.L., Potanin V.A. 1990. Neperiodicheskie i summarnye techeniya [Non-periodic and total sea currents] // Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej. T. 1. Barentsevo more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya / Pod red. F.S. Terzieva, G.V. Girdyuka, G.G. Zykovej, S.L. Dzhenyuka. SPb: Gidrometeoizdat. S. 227–231.
- Kulaga V.G., Osipov E.V. 2007. Issledovanie ulovistosti konicheskikh krabovykh lovushek [Cone pot catch

- efficiency study] // Nauchnye trudy Dal'rybvтуza. № 19. S. 154–157.
- Klitin A.K. 1996. Kamchatskij krab shel'fovoj zony o. Sakhalin (literaturnyj obzor, istoriya promysla, prostranstvennaya i funktsional'naya struktura populyatsij) [Red King Crab shelf zone about. Sakhalin] // Vestnik sakhalinskogo muzeya. № 1 (3). S. 324–342.
- Klitin A.K. 2003. Kamchatskij krab u beregov Sakhalina i Kuril'skih ostrovov: biologiya, raspredelenie i funktsional'naya struktura areala [Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) along the shores of Sakhalin and the Kuril Islands: biology, distribution and functional structure of the area] // Byulleten' zhurnala «Voprosy rybolovstva». M.: Natsional'nye rybnye resursy. 249 s.
- Logvinovich D.N. 1945. Akvarial'nye nablyudeniya nad pitaniem kamchatskogo kraba [The aquarium observations nutrition of Red king crab] // Izvestiya TINRO. T. 19. S. 79–97.
- Miroshnikov V.V., Piskunov A.I., Myasoedov V.I. 1985. Issledovaniya biologicheskikh resursov promyslovyykh bespozvonochnykh s primeneniem podvodnykh obitaemykh apparatov [Research of biological resources of commercial invertebrates using underwater inhabited vehicles] // Issledovanie i ratsional'noe ispol'zovanie bioresursov dal'nevostochnykh i severnykh morej SSSR: tez. dokl. Vladivostok: TINRO. S. 94–95.
- Mikheev A.A. 2001. Opredelenie promyslovyykh parametrov krabovykh lovushek s pomoshch'yu matematicheskoy modeli «khishchnik-primanka» [Determination of fishing parameters for crab pots by means of mathematical model “predator-bait”] // Voprosy rybolovstva. T. 2, № 3(7). S. 518–541.
- Mikheev A.A. 2002. Problemy pryamogo ucheta promyslovyykh donnykh bespozvonochnykh [Problems of direct accounting for commercial bottom invertebrates] // Voprosy rybolovstva. T. 3, № 1(9). S. 137–148.
- Mikheev A.A., Klitin A.K. 2000. Zavisimost' ulovov na lovushku krabov *Paralithodes* spp. ot tipa lovushki, prodolzhitel'nosti zastoya i chisla lovushek v poryadke [Dependence of crab catches *Paralithodes* spp. of pot on the type of pot, the duration of time and the number of pots in longline] // Voprosy rybolovstva. T. 1, № 1–3, ch. 2. S. 56–59.
- Moiseev S.I. 2003 a. Izuchenie proizvoditel'nosti krabovykh lovushek razlichnogo tipa v pribrezhnoy zone Barentseva moray [A study of effectiveness of different crab pots in coastal zone of the Barents Sea] // Trudy VNIRO. 2003. T. 142. S. 178–191.
- Moiseev S.I. 2003 b. Promyslovo-biologicheskie issledovaniya kamchatskogo kraba (*Paralithodes camtschaticus*) v yanvare–marte 2002 g. v pribrezhnoy zone Varanger-fiorde (Barentsevo more) [Fishery research of the Kamchatka red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) from January to March, 2002 in the Varanger-fjord] // Trudy VNIRO. T. 142. S. 151–177.
- Moiseev S.I., Vagin A.V., Polonskij V.E. 2005. Kharakteristika osennikh skoplenij kamchatskogo kraba v Varanger-fiorde i taktika ego promysla na ograničennom poligone [Biological characteristics of Autumn concentrations of the Red King crab in the Varanger Fjord in relation to fishing tactics on a restricted fishing ground] // Trudy VNIRO. T. 144. S. 194–211.
- Moiseev S.I., Shaginyan E.R. 2015. Variabel'nost' osnovnykh parametrov tralovoj i lovushechnoj s'emok pri uchete krabov [The variability of the main parameters of trawl and pot surveys for the numbers of crabs] // Promyslovye bespozvonochnye VIII Vseros. nauch. konf. po promyslovym bespozvonochnym. Mat. dokl. Kaliningrad FGBOU VPO KGTU S85–87.
- Navozov-Lavrov N.P. 1927. Materialy po ehtiologii i po promyslu kraba v zal. Petra Velikogo [Materials on etiology and fishing for crab in Peter the Great Gulf] // Proizvoditel'nye sily Dal'nego Vostoka. Khabarovsk-Vladivostok. Vyp. 4. (Zhivotnyj mir. Vladivostok). S. 181–211.
- Nizyaev S.A., Bukin S.D. 2001. Metodologicheskie aspekty ispol'zovaniya tralovyykh i lovushechnyykh dannykh dlya nauchnykh tselej [Methodological aspects of applying data collected with help trawl and traps for scientific purposes] // Izvestiya TINRO. T. 128. Ch. 2. S. 644–658.
- Ostrovskij V.I., Tkacheva O.B., Kharitonov A.V., Shalenko V.N. 2014. Ehfektivnaya ploshchad' oblova krabov lovushkami v severo-zapadnoj chasti Tatarskogo proliva [Area of effective catch of crab traps in the northwestern part of the Tatar Strait] // Izvestiya TINRO T. 178 S. 261–270.
- Pavlov V. Ya. 2003. Zhizneopisanie kraba kamchatskogo *Paralithodes camtschaticus* (TILESIUS, 1885) [Life story of the Kamtschatka crab *Paralithodes camtschaticus* (TILESIUS, 1885)]. M.: Izd-vo VNIRO. S. 110.
- Perevodchikov V.A. 1999. Kharakteristika dejstviya primanki na kamchatskogo kraba [Description of the action of bait on red king crab] // Biomonitoring i ratsional'noe ispol'zovanie morskikh i presnovodnykh gidrobiontov. Tez. dokl. konf. molodykh uchenykh. Vladivostok, TINRO-Tsentr, 24–26 maya 1999. Vladivostok: TINRO-TSentr. S. 88–90.
- Perevodchikov V.A. 2001. Migratsii kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschatica* v Ayano-Shantarskom rajone Okhotskogo moray [Migration of king crab *Paralithodes camtschatica* in Ayano-Shantarsky area in the Okhotsk Sea] // Izvestiya TINRO. T. 128. Ch. 2. S. 663–665.
- Pereladov M. V. 1999. Nekotorye aspekty povedeniya volosatogo kraba v estestvennykh usloviyakh v rajone razmeshcheniya orudij lova [Some aspects of the behavior of the horsehair crab in vivo conditions in the area where fishing gears are located] // Pribrezhnye gidrobiologicheskie issledovaniya S. 155–162.
- Pereladov M. V. 2003. Nekotorye osobennosti raspredeleniya kamchatskogo kraba (*Paralithodes*

- camtschaticus*) na pribrezhnykh melkovod'yakh Barentseva morya [On distribution of the Red King crab (*Paralithodes camtschaticus*) in coastal shallows of the Barents Sea] // Trudy VNIRO. T. 142. S. 103–119.
- Pereladov M. V. 2009. K voprosu ob ulovistosti krabovykh lovushek [To the problem of catch efficiency of crab pots] // Tez. dokl. 10-go s'ezda GBO pri RAN, Vladivostok: Dal'nauka, S. 307–308.
- Rodin V. E., Blinov Yu. G., Miroshnikov V. V. 1997. Resursy krabov v Rossijskoj ehkonomicheskoy zone dal'nevostochnykh morej [Crab Resources in the Russian Economic Zone of the Far Eastern Seas] // Rybnoe khozyajstvo. № 6. S. 27–29.
- Rodin V. E., Slizkin A. G., Myasoedov V. I., Barsukov V. N., Miroshnikov V. V., Zgurovskij K. A., Kanarskaya O. A., Fedoseev V. Ya. 1979. Rukovodstvo po izucheniyu desyatinogih rakoobraznykh [Research guide on the decapod crustaceans] // Decapoda dal'nevostochnykh morej. Vladivostok: Izd-vo TINRO. 59 s.
- Sidorov L. K. 2016. Perspektiva promysla krabov v okhotomorskoj chasti Severnykh Kuril'skikh ostrovov: kamchatskogo, volosatogo chetyrekhugol'nogo i kraba-striguna Behrdi [The perspective of the crab commercial fishery on the coastal water of the Kuril Islands: red king crab, horsehair crab and Bairdi snow crab (the Sea of Okhotsk)] // Trudy VNIRO. T. 161. S. 38–51.
- Sidorov L. K. 2019. O vliyanii temperatury vody na raspredelenie krabov v rajone severnykh Kuril'skikh ostrovov [On the influence of water temperature on the distribution of crabs in the area of northern Kuril islands] // Trudy VNIRO. T. 161. S. 20–35.
- Slizkin A. G., Bukin S. D. 2001. Nekotorye problemy otsenki zapasov promyslovykh krabov i opyt opredeleniya ploshchadi ehffektivnogo oblova pryamougol'nykh lovushek [Some problems of commercial crabs stock assessment and experience of area determination of effective remove with rectangular traps] // Izvestiya TINRO. T. 128. Ch. 2. S. 625–633.
- Tal'berg N. B. 2005. Sravnitel'naya kharakteristika osobennostej migratsij kamchatskogo kraba v pribrezhnykh akvatoriyakh Barentseva i Okhotskogo morej [Comparison of the Red King crab migration patterns in the coastal waters of the Barents Sea and the Sea of Okhotsk] // Trudy VNIRO. T. 144. S. 91–101.
- Fraenkel G. S., Gunn D. L. 1961. The Orientation of Animals. Dover Publications, Inc., NY, 376 pp.
- Zhou S., Shirley T. C. 1997 a. Behavioural responses of red king crab to crab pots // Fisheries Research № 30, p. 177–189.
- Zhou S., Shirley T. C. 1997 b. Chemoreception and feeding responses of red king crabs to potential bait extracts // Crustacean Research № 26 p. 1–15.
- Zimmer-Faust R. K., Finelli C. M., Pentcheff N. D., Wetthey D. S. 1995. Odor plumes and animal navigation in turbulent water flow: a field study. Biol. Bull., 188 (2): p. 111–116.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Registration data from the monitoring protocol for individuals of the red king crab

1 — The serial number of the individual; 2 — time of appearance in the video recording zone; 3 — time of leaving the video fixation zone (total time spent at the pot, mm: ss); 4 — time of entry into the pot (total time required to enter the pot, mm: ss); 5 — the number of attempts to penetrate the pot; 6 — appearance sector

Table 2. Assessment of the density (P_N) of red king crab individuals in the study area based on the catch of a cone pot for different values of time and angle (θ) (135° angle from S. Zhou and T. C. Shirley. (1997a))

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Photo (A) and scheme (B) of the experiment:

1 — direction of current, 2 — cone pot, 3 — dimensional grid, 4 — video camera)

Fig. 2. Size structure of males (black n=13) and female (grey n=70) red king crab in the cone pot after 13 h (X — carapace width, mm; Y — capture frequency, %)

Fig. 3. The increasing value (blue) of the appearance of new red king crab individuals in the video fixation zone and the increasing value (red) of crabs that have entered the pot (arrows indicate 3 intervals for stopping the current) (X — time, hh: mm: ss; Y — number of crab, ind.)

Fig. 4. Dynamics of the rate of appearance of new individuals of the red king crab (1) and the rate of filling the pot (2) (X — time, hh: mm: ss; Y — rate, ind./h)

Fig. 5. The distribution scheme of the smell of the bait:

1 — current, 2 — directions of the odor plume, 3 — “blind” zone

Fig. 6. Types of crab pots:

a — standard crab conical pot; b — a new design of the crab pot; 1 — lower ring; 2 — net; 3 — support; 4 — a can for a bait; 5 — the upper ring; 6 — entrance; 7 — an intermediate ring (drawing from the work of V. G. Kulag and V. V. Osipov (2007))