

КРАБЫ, КРАБЫ...

А.А. Михеев, А.К. Клитин – СахНИРО

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПРОМЫСЛОВЫЕ УСИЛИЯ ДЛЯ КАМЧАТСКОГО И СИНЕГО КРАБОВ



Важной задачей управления морскими биоресурсами является определение усилий, при которых суммарный вылов достигает своего максимума (DeLury, 1947; Schaefer, 1954; Ricker, 1975). Поиск оптимальных значений требует изучения различных аспектов влияния усилий на величину улова. При добыче донных беспозвоночных ловушками основными показателями промыслового усилия являются число ловушек в порядке, продолжительность застоя и тип ловушки. К настоящему времени на основе данных промысла крабодов семейства *Lithodidae* установлено, что улов на ловушку обладает оптимальным значением продолжительности застоя (Sloan and Robinson, 1985). Частота попаданий особей в ловушку связана с продолжительностью застоя так называемой кривой прибытий (Sainte-Marie and Hargrave, 1987). Кривая прибытий выходит справа от нуля из так называемой точки первого прибытия, имеет фазу экспоненциального роста, перегиб и уровень насыщения. Следует отметить, что время первого прибытия имеет тесную отрицательную связь с агрегированностью особей, и на этом построен эмпирический метод определения численности донных видов. Таким образом, этот показатель может играть важную роль в методах оценки запаса. С помощью имитационной математической модели «хищник – приманка» выявлены факторы, определяющие форму кривых прибытий. Помимо прибытий в период застоя в ловушке про-

исходит элиминация особей в результате их побегов и гибели, которая нарастает (Miller, 1990). В начальной фазе застоя накопление особей в ловушке значительно превосходит их элиминацию, но со временем это соотношение изменяется на противоположное. Момент неустойчивого равновесия в динамике прибытий и элиминации определяет оптимальную продолжительность застоя.

Ранее установлено, что если зоны облова отдельных ловушек начинают перекрываться в результате сокращения дистанции между ловушками, то уловы на ловушку падают (Arena et al., 1994). Чем больше на ограниченной площади ловушек, тем меньше расстояние между ними, но в то же время вероятность их обнаружения выше. Следовательно, можно ожидать, что существует оптимальное число ловушек, дающее максимальный улов на порядок. Результаты наших исследований по крабам *Paralithodes spp.* подтверждают наличие оптимальных значений как продолжительности застоя, так и числа ловушек в порядке.

Известно, что улов зависит также от размеров и конструкции ловушки. В данной работе установлено соотношение коэффициентов уловистости ловушек американского и японского образца, которое позволяет стандартизировать уловы по типу ловушки. Рассмотрен и проанализирован ряд зависимостей между стандартизированными уловами на ловушку и числом ловушек в порядке и между стандар-

тизированными уловами на ловушку и продолжительностью застоя. С их помощью определены оптимальные значения для продолжительности застоя, дающего максимальный улов на ловушку, и числа ловушек, при котором улов на порядок становится максимальным.

Материалом для исследований послужили данные контрольного лова синего краба (*Paralithodes platypus*) на восточном шельфе о-ва Сахалин и камчатского краба (*P. Camtschaticus*) в Татарском проливе. Краткая сводная информация по исходным данным представлена в табл. 1.

Ниже приведем характеристики ловушек и приманок, наиболее широко используемых в отечественном промысле. В качестве приманки, как правило, используют размороженное филе или фарш минтая, реже – сельди, горбуши, кальмара (приманку в виде фарша помещают в полиэтиленовую баночку с отверстиями).

Стандартная крабовая ловушка японского образца. Имеет форму усеченного конуса. Диаметр нижнего основания – 135, верхнего – 69 см. Высота ловушки – 60 см. В верхней части конуса имеется круглое входное отверстие; выходу крабов препятствует диффузор, за счет которого диаметр входного отверстия уменьшается до 58 см. Размер ячеи – 3–4 см. Число ловушек в порядке – 70–140, расстояние между ними – 15–23 м, длина порядка – 1,0–3,2 км. Средний вес приманки – 0,3–0,5 кг. Такой тип ловушек применяют в шельфовой зоне на глубинах 7–180 м.

Таблица 1

Вид краба	Район	Диапазон глубин, м	Период	Количество анализируемых ловушечных порядков					
				По типу ловушки		По числу ловушек в порядке	По продолжительности застоя для разных сезонов		
				Японская	Американская		Лето	Осень	Зима
Синий	48,5 – 50 °с.ш., 143 – 144,5 °в.д.	50 – 450	1993 – 1998 гг.	140	68	405	153	394	221
Камчатский	47,5 – 50 °с.ш., 141,5 – 142 °в.д.	20 – 250	1993 – 2000 гг.	171	395	1466	82	591	823

Пирамидальная (трапециевидная) ловушка американского образца. Имеет форму четырехгранной усеченной пирамиды. Боковая сторона является трапецией с основаниями 173 и 132 см; высота – 83 см. Ловушка снабжена двумя боковыми входными отверстиями прямоугольной формы, расположенными на уровне грунта. Размер ячеи – 6 см. Число ловушек в порядке – 10–40, расстояние между ними – 200 м, общая длина порядка – 2–4 км. Средний вес приманки – 1,5–2 кг. Применяется как в шельфовой зоне, так и на материковом склоне на глубинах не более 800 м.

Прямоугольная ловушка американского образца. Имеет форму параллелепипеда с размерами сторон 212×212×86 см. Расположение и форма входов, размер ячеи, число ловушек в порядке, расстояние между ними, а также вес приманки аналогичны предыдущему типу. Применяется на шельфе Курильских островов при глубоководном промысле равноошипого, реже – камчатского краба на глубинах 180–800 м.

Для стандартизации уловов по типу ловушки была использована зависимость (Ricker, 1975):

$$C_{tmax} = q_{mzn} N, \quad (1)$$

где C_{tmax} – средняя за промысловый период численность улова на ловушку заданного типа, q_{mzn} – уловистость ловушки, N – средняя за промысловый период численность запаса. Если промысел ведется на одном запасе, то согласно формуле (1) отношение коэффициентов уловистости для ловушек разного типа будет равно отношению соответствующих средних уловов на ловушку.

Методика исследований построена на регрессионном анализе зависимостей между стандартизированным уловом на ловушку и числом ловушек в порядке или продолжительностью застоя, выраженных с помощью различных куполообразных функций, и их сравнении. Оптимальные значения f_{opt} промыслового усилия и соответствующего максимума улова C_{tmax} определялись из условия экстремума: $C'(f_{opt})=0$, $C_{tmax} = C_t(f_{opt})$, где $C'(f_{opt})$ – производная функции $C_t(f)$, вычисленная при значении $f=f_{opt}$. Перед регрессионным анализом и оценкой параметров исходные данные по уловам на ловушку группировались в вариационные ряды по соответствующим усилиям. Исходные значения для числа ловушек в порядке разбивались с классовым интервалом в пять ловушек, а значения продолжительности застоя – 0,1 сут. Для средних значений улова на ловушку в каждом интервале вычислялись 95%-ные доверительные границы.

Для описания зависимости стандартизированного улова на ловушку $C_t(n)$ от

числа ловушек n в порядке можно использовать квадратичную параболу, представленную уравнением (2), а также риккероподобную функцию, показанную в уравнении (3):

$$C_t(n) = -a_1 n^2 + b_1 n, \quad (2)$$

$$C_t(n) = a_2 n^i e^{-b_2(n-1)}. \quad (3)$$

Число ловушек в порядке, дающее максимальный улов на ловушку (C_{tmax}), вычисляется в случае использования уравнения (2) по формуле: $n_{max} = b_1/2a_1$, а уравнения (3) – по формуле: $n_{max} = \gamma/b_2$. Оптимальное число ловушек в порядке, дающее максимальный улов на порядок (C_{topr}), рассчитывается в случае уравнения (2) по формуле: $n_{opt} = 2b_1/3a_1 = (4/3)n_{max}$, а в случае уравнения (3) – по формуле: $n_{opt} = 2\gamma/b_2 = 2n_{max}$. Максимальный улов на порядок для уравнений (2) и (3) находится по формуле:

$$C_{topr} = C_t(n_{opt})n_{opt}$$

Для определения зависимости стандартизированного улова на ловушку $C_t(t)$ от продолжительности застоя t использованы три уравнения, из которых ранее были предложены два: уравнение (4) с функцией Риккера в правой части и уравнение (5) с функцией Бивертон – Холта для кривой прибытий:

$$C_t(t) = ate^{-mt}, \quad (4)$$

$$C_t(t) = [\alpha t / (\beta t + 1)] e^{-\mu t}. \quad (5)$$

Третье уравнение использует преобразованную логистическую функцию для кривой прибытий:

$$C_t(t) = C_{\infty} (1 - P_{\infty}) \{ [1 - P_{\infty} + P_{\infty} ((1 - P_{\infty}) / P_{\infty})^{(t-1)/(T_b-t)}]^{-1} - 1 \} e^{-\lambda t}, \quad (6)$$

где t_1 – время первого прибытия, T_b – время действия приманки, P_{∞} – предельная вероятность обнаружения приманки, $C_{\infty} P_{\infty}$ – предельный накопленный в ловушке улов. Оптимальные значения продолжительности застоя и соответствующего максимального улова на ловушку вычислялись для уравнения (4) по формулам: $t_{opt} = 1/m$, $C_{tmax} = a/em$, где e – число Непера. Для уравнения (5) значение t_{opt} вычислялось по формуле $t_{opt} = \{ [1 + (4\beta/\mu)]^{1/2} - 1 \} / 2\beta$. Для уравнения (6) значение t_{opt} определялось с помощью численных методов решения уравнения $C'(t_{opt})=0$. Значения C_{tmax} для уравнений (5), (6) вычислялись с помощью непосредственной подстановки в соответствующее уравнение. Для всех параметров в формулах (2) – (6) имеют смысл только неотрицательные значения.

Значения параметров из формул (2) – (6) для синего и камчатского крабов были получены с помощью нелинейного метода наименьших квадратов – МНК (Демиденко, 1981). Для сравнения уравнений (2), (3) и, соответственно, (4) – (6) между собой по качеству аппроксимации фактических данных был проведен регрессионный

анализ. В частности, для оценки качества подобия и точности аппроксимации вычислялись следующие показатели (Афифи, Эйзен, 1982): полная сумма квадратов отклонений (SS_T); коэффициент детерминации (R^2), где $R^2 = SS_D / SS_T$, SS_D – сумма квадратов отклонений, объясненных регрессией; коэффициент парной корреляции (Пирсона) между фактическими и предсказанными значениями (R_p); стандартная ошибка регрессии (SE_R), где $SE_R = (MS_R)^{1/2}$, MS_R – остаточный средний квадрат ошибки, $MS_R = SS_R / v_R$, SS_R – сумма квадратов остатков регрессии, $SS_R = SS_T - SS_D$, v_R – число степеней свободы регрессии, $v_R = N - p - 1$, N и p – число точек и параметров регрессии соответственно.

Отношение коэффициентов уловистости американской и японской ловушек ($q_{амер} / q_{япон}$) определялось по формуле (1). Для данных, приведенных в табл. 2 (средние уловы на усилие и число ловушек в порядках на промысле камчатского и синего крабов), $q_{амер} / q_{япон}$ равно 8,20 для промысловых самцов синего краба; 8,65 и 5,72 – для самцов и самок камчатского краба. Перед началом регрессионного анализа все уловы американскими ловушками делились на указанные значения.

Значения нелинейных МНК оценок параметров регрессионных уравнений (2) – (6) сведены в табл. 3, а результаты регрессионного анализа и оптимальные значения рассматриваемых промысловых усилий и соответствующих уловов представлены в табл. 4.

Кривые регрессий (2), (3) для синего и камчатского крабов представлены на рис. 1, а кривые регрессий (4) – (6) для синего и камчатского крабов в осенний период – на рис. 2 (указаны 95%-ные доверительные интервалы для средних значений улова на ловушку в каждом классе).

Прирост уловистости американской пирамидальной ловушки по сравнению с японской стандартной в 8 с лишним раз достигается при увеличении объема ловушки всего в 4,5 раза (см. табл. 2). Таким образом, должны существовать другие причины повышения уловистости ловушки, помимо увеличения ее предельной емкости. На наш взгляд, дополнительный прирост уловистости ловушкам американского образца дает их преимущество в весе приманки. Кроме того, он может достигаться за счет боковых входов, расположенных на уровне грунта. Но только в том случае, если вероятность входа в ловушку выше, чем побега. Различие в уловистости ловушек американского и японского образца затрудняет сравнение соответствующих уловов. Как правило, в промысловом порядке приблизительно одинаковое

число ловушек одного типа, поэтому диапазоны их вариабельности невелики (см. табл. 2). В пределах столь узких диапазонов выявить зависимость улова на ловушку от числа ловушек в порядке дифференцирования по типам ловушек не удается. Возникает необходимость объединить данные по ловушкам различного типа и стандартизировать уловы по типу ловушки.

Традиционно зависимость улова на усилие от величины усилия описывается либо линейно убывающей (Schaefer, 1954), либо экспоненциально убывающей (De Lury, 1947) функцией. В этом случае суммарный улов всегда имеет единственный максимум, известный в литературе как максимальный уравновешенный улов (MSY). Однако улов на усилие может и не являться во всей области изменения усилия убывающей величиной. Рассмотрим вероятность поимки P_C , которую можно представить как произведение $P_C = P_E P_P P_S$, где P_E – вероятность встречи с ловушкой, P_P – вероятность входа в ловушку, P_S – вероятность остаться в ловушке (цит. по Miller, 1990). Вероятности P_P и P_S от числа ловушек в порядке, очевидно, не зависят, т.е. $P_P P_S = \alpha$, где α – некоторая константа, такая, что $0 < \alpha < 1$. Пусть P_F – вероятность обнаружения какой-либо ловушки, а P_L – вероятность выбора определенной ловушки в порядке, и эти два события независимы. Тогда $P_E = P_F P_L$, согласно известному правилу вероятности совместного наступления двух независимых событий. Можно записать $P_F(n) = k S_0^n$, так как вероятность P_F тем выше, чем больше площадь облова ловушки S_0 и число ловушек n . Параметры k и γ характеризуют степень перекрытия зон облова (Arena et al., 1994). Они могут зависеть от плотности скопления, трофического состояния особей и абиотических условий среды. В отношении вероятности P_L можно допустить, что она убывает по закону: $P_L(n) = p e^{-b2^{(n-1)}}$, где p – вероятность выбора единственной ловушки. Улов на ловушку связан с числом ловушек соотношением

$$C_i(n) = \rho_N S_0^2 P_C(n),$$

где ρ_N – плотность скопления в единицах численности. Собирая все формулы вместе, получим теоретическую зависимость улова на ловушку от числа ловушек в виде уравнения (3), в котором $a_2 = \alpha p k S_0^2 \rho_N$. Квадратичная парабола в уравнении (2) может рассматриваться только в качестве аппроксимации для теоретической кривой, поскольку при достаточно больших значениях n дает абсурдный результат в виде отрицательных значений уловов. У кривой, описываемой уравнением (3), указанный недостаток отсутствует, так как ее правая ниспадающая ветвь мед-

ленно (асимптотически) стремится к нулевому уровню. Параметр γ в уравнении (3) позволяет гнуть левую восходящую ветвь кривой, что в ряде случаев обеспечивает большее соответствие между фактически данными и линией регрессии.

Как упоминалось выше, зависимость улова на ловушку от продолжительности застоя определяется двумя процессами: прибытием особей и их элиминацией. Для описания процессов прибытий в данной работе были использованы три различные функции. В уравнении (4) число прибытий сверху не ограничено, что возможно только при бесконечной численности популяции. Поэтому уравнение (4) следует рассматривать лишь как возможную простую аппроксимацию для зависимости улова на ловушку от продолжительности застоя. Уравнение (5) описывает кривую прибытий с помощью функции Бивертон – Холта $\alpha t / (\beta t + 1)$, которая выходит из нуля и всюду выпукла. Такая кривая прибытий предлагалась и ранее (Miller, 1990). В уравнении (5) уровень насыщения для кривой прибытий определяется отношением параметров α/β . Отсутствие перегиба у данной кривой является ее существенным недостатком, так как противоречит экспериментальным данным (Sloan and Robinson, 1985; Sainte-Marie and Hargrave, 1987). Например, кривая прибытий амфипод *Eurythenes gryllus* хорошо аппроксимируется до точки перегиба вогнутой квадратичной параболой, $R_p = 0,996$, $P < 0,001$. Наши компьютерные эксперименты подтвердили наличие у кривой прибытий всех характерных элементов. На рис. 3 хорошо видны точка первого прибытия $t_1 \approx 2$, точка перегиба с абсциссой $t \approx T_b = 12$ и уровень насыщения $C_{\infty} P_{\infty} \approx 77,022$ экз. Поэтому была построена еще одна регрессия – на основе уравнения (6). Соответствие уравнения (6) и кривой прибытий, построенной по результатам вычислительного эксперимента, можно оценить по соответствующим показателям R_p и SE_R (см. рис. 3).

В случае нелинейной регрессии наиболее информативным показателем соответствия является коэффициент взаимной корреляции Пирсона между рядами фактических и предсказанных значений R_p . Коэффициент детерминации R^2 предназначен отражать, скорее, не качество соответствия регрессии, а преимущество линейной множественной регрессии над простым средним. Кроме того, МНК оценки нелинейной модели и ее линеаризованной версии могут различаться. Поэтому величина R^2 рассматривалась при анализе качества регрессии. В ряде случаев показатель R^2 принимал абсурдные значения,

большие, чем единица. По этой причине в регрессии (3) для камчатского краба его значения опущены (см. табл. 4). При сравнении регрессионных уравнений решающее значение имели показатели R_p и SE_R . Если для синего краба указанные показатели при сравнении регрессий (2) и (3) практически равны, то для камчатского краба преимущество регрессии (3) очевидно. Здесь следует учесть, что по синему крабу отсутствуют данные по числу ловушек в порядке 40–80 и 180–220 шт. (см. рис. 1). Кроме того, исходной информации для данной группы регрессий в целом у камчатского краба больше в 3,6 раза, чем у синего (см. табл. 1). Отметим, что для камчатского краба значение параметра γ не отличается от единицы, и, таким образом, обычная функция Риккера является в данном случае хорошей аппроксимацией. Уравнения (2) и (3) дают в случае с синим крабом сходные оценки для оптимального числа ловушек в порядке 128 и 138. При этом с порядка будет получено 262 и 197 экз., или 0,472 и 0,355 т краба соответственно. Аналогичные значения для камчатского краба отличаются значительно: 130 и 74 ловушки и 152 и 109 экз. краба, или 0,502 и 0,360 т.

Подчеркнем несколько моментов, касающихся оценок оптимального количества ловушек в порядке. Во-первых, значения максимальных уловов отражают некоторую среднюю плотность облавливаемых скоплений. Во-вторых, оценки оптимального числа ловушек заметно отличаются от распространенного стандарта в 100 ловушек на порядок. Наконец, оптимальное число ловушек у синего краба почти в 2 раза больше, чем у камчатского. В качестве гипотезы по поводу данного различия можно сказать следующее. В Татарском проливе у дна сильно сказывается влияние Цусимского и Западно-Сахалинского течений. Во избежание перехлестов длинные порядки выставляются вдоль течений, тогда как короткие могут выставляться и под углом к течению. У порядка, выставленного вдоль течения, площадь облова, а следовательно, и улов минимальны. Поэтому уловы камчатского краба в Татарском проливе с коротких порядков в среднем выше, чем с длинных. В районе промысла синего краба регулярных течений у дна не наблюдается, и соотношение уловов с длинных и коротких порядков может быть иным.

При сравнении регрессий (4) – (6) бросаются в глаза более высокие значения R_p и SE_R для осени и зимы у камчатского краба и для осени и лета – у синего краба, что может быть связано с более многочисленной выборкой, как и для регрессий (2), (3)

(см. табл. 1). Наиболее надежные результаты, на наш взгляд, получены для осеннего периода, характеризующегося стабильной промысловой обстановкой, что связано с высокой трофической и индивидуальной активностью рассматриваемых видов краба. Отмеченная особенность может уменьшить число систематических погрешностей в зависимости улова от размера порядка и длительности застоя. Хотя регрессии (4) – (6) приблизительно одинаковы по качеству аппроксимации фактических данных, тем не менее, у регрессии (6) в целом значения R_p больше, а SE_{R_p} меньше (см. табл. 4). По нашему мнению, регрессия (6) является лучшей для определения зависимости улова на ловушку от продолжительности застоя: значения оптимальной длительности застоя представляются более реалистичными; показатели соответствия чуть выше; она имеет определенное обоснование, а ее результаты легче интерпретируются.

Элиминация в ловушке в течение застоя приемлемо учитывать с помощью экспоненциальных множителей вида e^{-t} . В уравнениях (4) – (6) они введены с показателями m , μ и M соответственно. Если конструкция ловушки снижает возможность побега, то показатели элиминации можно рассматривать в качестве оценок показателя естественной смертности, приходящейся на соответствующий период застоя ловушки. Необходимо вкратце коснуться оценок m , μ , и M , полученных для камчатского краба в зимний период. Как упоминалось выше, все параметры рег-

рессий должны быть неотрицательными. Однако для первых двух регрессий (4) и (5) они имеют отрицательные значения (см. табл. 4). Полученные МНК оценки указанных параметров обусловлены структурой поля точек исходных данных. На рис. 4 показаны фактические значения уловов на ловушку камчатского краба зимой при различной продолжительности застоя и линии регрессий (4) – (6). В области, занимаемой точками фактических данных, все регрессии приблизительно одинаково хороши. Значения m и M при этом статистически значимо не отличаются от 0. Поэтому линия регрессии (4) становится прямой, а линия регрессии (6) близка по форме к логистической кривой прибытий. На наш взгляд, оценки параметров регрессий (4) – (6) для рассматриваемого поля точек не обладают робастностью. Наличие фактических точек с продолжительностью застоя более 25 сут. может значительно изменить полученные оценки. Регрессии на рис. 4 не имеют оптимальных значений, и в табл. 4 на месте соответствующих величин стоят прочерки. Значения оптимальной продолжительности застоя имеют максимальные значения для лета – от 10 до

14,5 сут. у синего краба и от 7 до 35,6 сут. – у камчатского и минимальные значения для осени – от 0,1 до 0,7 сут. у синего и от 1,9 до 4 сут. – у камчатского крабов. Минимальная продолжительность застоя в осенний период связана с более высокой активностью и большей агрегированностью особей в этот сезон. Оптимальная продолжительность застоя, особенно в осенний период, у камчатского краба выше, чем у синего: в среднем 10,3 против 6,9 сут., что, вероятно, связано с тем, что при большей агрегированности скоплений времени на поимку требуется меньше. Рассматриваемая популяция синего краба в 1993 – 1998 гг. была многочисленной и образовывала плотные скопления. Камчатский краб в Татарском проливе в 1997 – 2000 гг. находился в депрессивном состоянии и не создавал плотных агрегаций.

В заключение хотелось бы отметить, что полученные оценки параметров регрессионных уравнений не должны рассматриваться как окончательные. Вероятнее всего, в них есть систематические погрешности, для устранения которых требуется проведение исследований по специальной программе.

Таблица 2

Тип ловушки	Объем ловушки, куб. м	Средний улов (C_t), экз./лов., самцы/самки		Среднее число ловушек в порядке (n), шт.	
		Синий	Камчатский	Синий	Камчатский
Американская пирамидальная	2,994	12,8/-	17,3/2,5	27,4±0,50	16,4±0,66
Японская стандартная	0,660	1,6/-	2,0/0,4	116,2±3,16	117,7±6,19

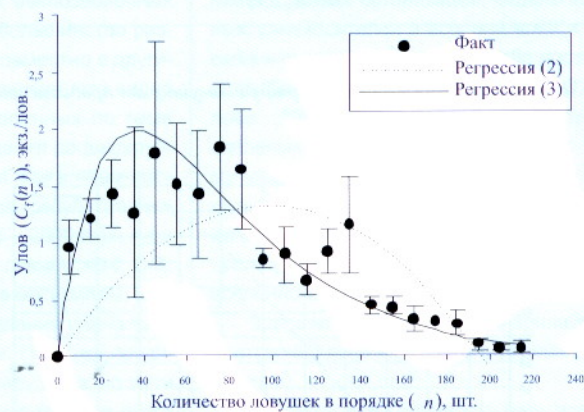
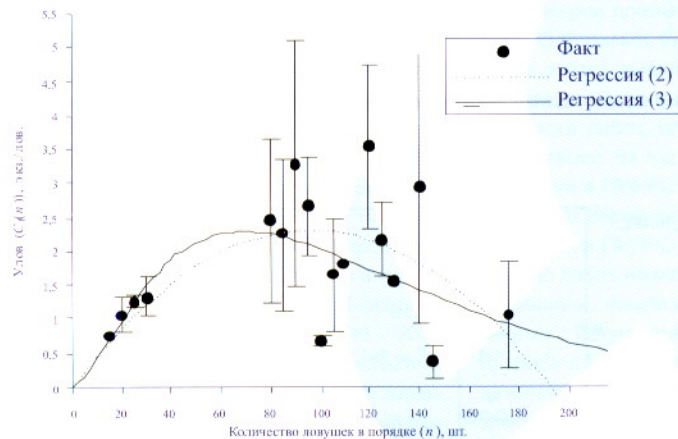


Рис. 1. Зависимости улова на стандартную ловушку от числа ловушек в порядке для синего и камчатского крабов

Таблица 3

Вид	Сезон	Параметры уравнений регрессии													
		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)					
		a_1 , экз./лов. ³	b_1 , экз./лов. ²	a_2 , экз./лов. ²	b_2 , лов. ⁻¹	γ	a , экз./лов. сут.	m , сут. ⁻¹	α , экз./лов. сут.	β , сут. ⁻¹	μ , сут. ⁻¹	t_1 , сут.	T_b , сут.	C_{opt} , экз./лов.	M , сут. ⁻¹
Синий	Лето						0,689	0,069	0,686	0,002	0,068	0,4	7,9	10,0	0,07
	Осень	0,00025	0,048	0,015	0,022	1,540	9,02	1,382	415,460	82,570	0,747	0,1	0,3	6,0	0,90
	Зима						1,364	0,103	1,382	0,031	0,076	2,0	4,0	7,0	0,06
Камчатский	Лето						0,855	0,091	1,333	0,295	0,002	0,3	4,0	4,5	0,03
	Осень	0,00014	0,027	0,144	0,027	0,995	0,504	0,251	1,225	1,179	0,067	0,01	1,0	1,0	0,08
	Зима						0,165	-10 ⁻³	1,933	2,798	-0,09	0,05	1,40	5,0	0,001

Вид	Регрессия	Сезон	Показатели качества регрессии					Оптимальные значения усилий и уловов				
			N	SS _T	R ²	R _p	SE _R	n _{max} лов/пор.	n _{орб} лов/пор.	t _{орб} сут/застой	C _{max} экз/лов.	C _{орб} экз/пор.
Синий	(2)		17	14,080	0,435	0,567	0,833	95,9	127,8		2,309	262,4
	(3)		17	14,080	0,295	0,549	0,869	68,9	137,8		2,295	197,2
	(4)	Лето	13	42,523	0,607	0,822	1,293			14,411	3,654	
		Осень	14	6,097	0,864	0,955	0,274			0,723	2,401	
		Зима	16	165,959	0,225	0,477	3,146			9,682	4,860	
	(5)	Лето	13	42,523	0,607	0,822	1,363			14,492	3,658	
		Осень	14	6,097	0,895	0,964	0,253			0,121	4,178	
		Зима	16	165,959	0,224	0,475	3,276			9,985	4,910	
	(6)	Лето	13	42,523	0,689	0,868	1,150			11,262	3,987	
		Осень	14	6,097	0,890	0,973	0,247			0,440	3,842	
		Зима	16	165,959	0,160	0,510	3,274			5,543	4,696	
	Камчатский	(2)		22	7,015	0,983	0,600	0,555	97,7	130,2		1,317
(3)			22	7,015	-	0,894	0,325	37,1	74,0		1,990	108,7
(4)		Лето	15	52,092	0,308	0,555	1,733			10,095	3,444	
		Осень	14	0,786	0,462	0,763	0,196			3,992	0,740	
		Зима	19	22,883	0,547	0,758	0,804			-	-	
(5)		Лето	15	52,092	0,316	0,563	1,800			35,561	3,782	
		Осень	14	0,786	0,580	0,764	0,182			3,157	0,663	
		Зима	19	22,883	0,620	0,795	0,761			-	-	
(6)		Лето	15	52,092	0,218	0,525	1,843			6,984	3,525	
		Осень	14	0,786	0,544	0,781	0,180			1,887	0,842	
		Зима	19	22,883	0,315	0,777	0,990			-	-	

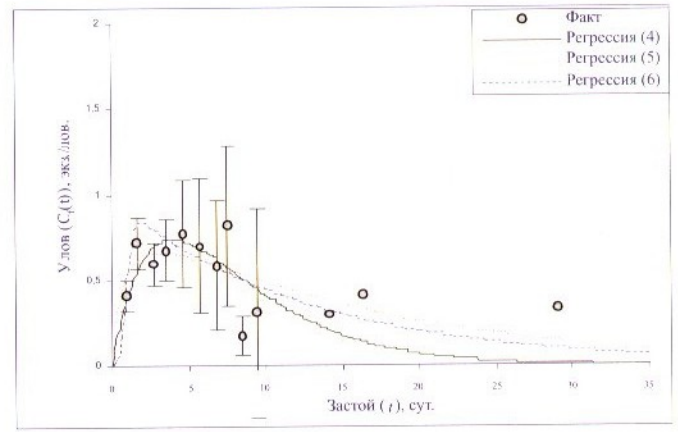
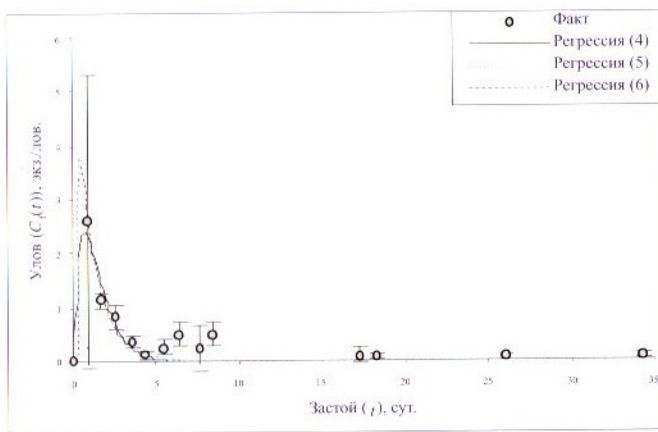
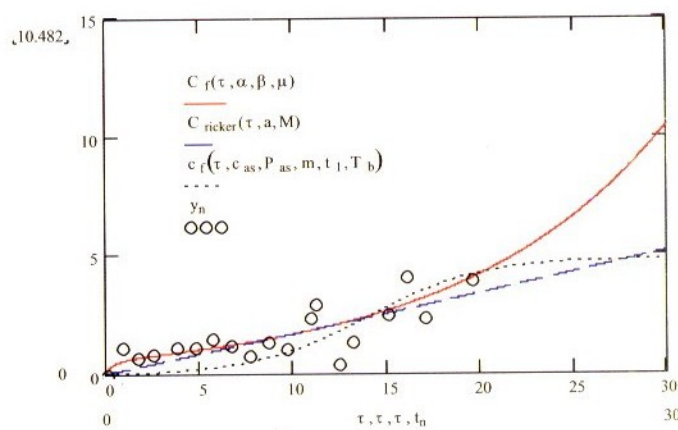
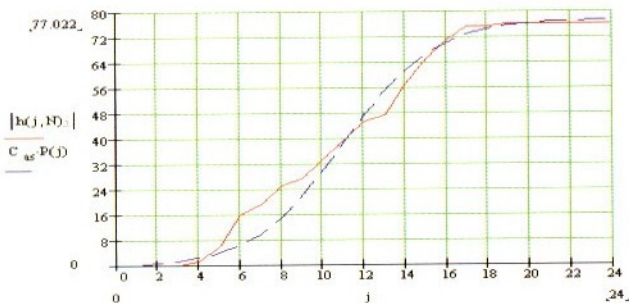


Рис. 2. Зависимости улова на стандартную ловушку от продолжительности застоя осенью для синего и камчатского крабов



Параметры модели: $N=300$; $S_0=39,9$; $T_{soak}=24$; $T_b=12$; $t_1=2$; $Q=5$; $a_c=0,001$; $\nu=0$; $\gamma=0$; $k=0,0072$; $r_f=0,015$; $\sigma_m=0,308$.
 Параметры регрессии (6): $C_m=78$; $P_m=0,99$; $T_b=11$; $t_1=1$; $M=0$; $R_p=0,992$; $SE_R=4,756$

Рис. 3. Зависимость числа прибытий особей (экз.) к ловушке от времени застоя (t), полученная из компьютерных экспериментов по модели «хищник – приманка» для синего краба Восточного Сахалина (сплошная линия) и ее аппроксимация линией логистической регрессии (6) (штриховая)

Рис. 4. Зависимость уловов на стандартную ловушку камчатского краба (экз./лов.) зимой от продолжительности застоя (t); штриховая линия – регрессия (4), сплошная – регрессия (5), пунктирная линия – регрессия (6), кружки – фактические данные