

## Промысловые виды и их биология

УДК 595.384.8(265.53)

## Плодовитость синего краба в северной части Охотского моря

С.В. Клинушкин

Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), г. Магадан  
E-mail: lpb@magadanniro.ru

Рассмотрены абсолютная, индивидуальная относительная, относительная популяционная плодовитость синего краба в северной части Охотского моря. Абсолютная плодовитость изменялась от 15,0 до 181,9 тыс. яиц, с увеличением размеров самок она повышалась на всех исследованных участках обитания краба. Максимальных значений абсолютная плодовитость достигала в районе банки и о. Ионы, а также в зал. Шелихова, минимальных — у мыса Ханянгда. Для всех районов приведены уравнения, описывающие зависимость «плодовитость — ширина карапакса». У одноразмерных самок абсолютная плодовитость была выше в зал. Шелихова, ниже — у мыса Ханянгда. Индивидуальная относительная плодовитость изменялась от 56 до 205 яиц на 1 грамм массы тела самки. Различия средних значений относительной плодовитости по участкам были невелики. Относительная популяционная плодовитость уменьшалась по направлению с востока на запад вдоль североохотоморского побережья от горла зал. Шелихова до мыса Ханянгда — её максимальное и минимальное значение составило 87,3 и 39,5 тыс. яиц. Относительная популяционная плодовитость синего краба, обитающего на банке и о. Ионы, из-за специфических гидрологических условий выявленной клинальной изменчивости не подчинялась. Средняя величина репродуктивного усилия слабо варьировала по разным районам и находилась в пределах 9,0–10,8%. Средние размеры ширины и длины яиц на стадии «фиолетовые» составили 1,05 и 1,21 мм, на стадии «глазчатые» — 1,21 и 1,43 мм.

**Ключевые слова:** Охотское море, синий краб *Paralithodes platypus*, плодовитость, яйца.

## ВВЕДЕНИЕ

Плодовитость относят к основным репродуктивным показателям, по которому судят о воспроизводительной способности особей рассматриваемой популяции. Величина плодовитости закономерно меняется в течение онтогенеза и в зависимости от условий окружающей среды.

Как было отмечено Н.Н. Хмельевой [1988], репродуктивные возможности ракообразных

ограничены. Значит промысловая нагрузка на их популяции должна быть приведена в соответствие с реальными репродуктивными возможностями данного вида, чтобы поддерживать его численность на оптимальном уровне.

Условия обитания синего краба *Paralithodes platypus* (Brandt, 1850) северо-западной группировки Охотского моря (в пределах от Сахалинского залива вплоть до зал. Бабушкина) отличаются от таковых у Западной Камчатки.

Северо-западная группировка большей своей частью на протяжении всего времени года находится в зоне действия низких температур, где в летнее время в ядрах холода температура доходит до  $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  [Чернявский, 1992]. Столь обширные ядра холода с предельно низкими температурами в летнее время в умеренной зоне Мирового океана нигде более не встречаются. Суровые гидрологические условия обуславливают тугорослость особей синего краба. В связи с этим представляет особый интерес изучение индивидуальной и относительной популяционной плодовитости. Особый гидрологический режим акватории влияет и на поведенческие реакции: для побережья северо-западной части Охотского моря было показано, что выраженной сезонной миграции у синего краба не отмечается, в отличие от Западной Камчатки, где наблюдаются нагульно-репродуктивные и зимовальные миграции [Букин и др., 1988].

О плодовитости синего краба на западе Берингова моря сообщает Я. Сасакава [Sasakawa, 1975]. Сведения о плодовитости синего краба в Охотском море приводятся в ряде работ [Агафонкин, 1982; Лысенко, 2001; Клитин, 2002]. Ранее для некоторых участков северной части Охотского моря автором приводились только оценки абсолютной плодовитости синего краба [Мельник и др., 2014].

Цель настоящей работы — установить характер зависимости количества яиц в кладке от размеров самок, а также различий в плодовитости между участками обитания.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили сборы кладок яиц у самок синего краба ( $N = 517$  экз.), в северной части Охотского моря (рис. 1). Пробы были отобраны из ловушечных уловов в координатах  $55^{\circ}30' - 59^{\circ}34'$  с. ш. между  $140^{\circ}41' - 156^{\circ}51'$  в. д. в марте-октябре в период с 1992 по 2013 гг. Краткая характеристика материала представлена в табл. 1. В сборе принимали участие сотрудники ФГБНУ «МагаданНИРО».

У самок краба измеряли ширину карапакса, с точностью до  $0,1$  мм, визуально определяли стадию эмбрионального развития яиц (1 — яйца фиолетовые, 2 — яйца с начальным глазком, внутри можно разглядеть крохотную точку, 3 — яйца с отчетливо видимым глазком эмбриона). В общем количестве материала пробы с фиолетовыми яйцами составили  $76,6\%$ , с начальным глазком —  $13,7\%$ , яйца с глазком —  $9,7\%$ .

Самки в морских условиях (в количестве  $367$  экз.) взвешивались на весах с демпферным устройством с точностью до  $1$  г. У части самок ( $120$  экз.) масса определялась

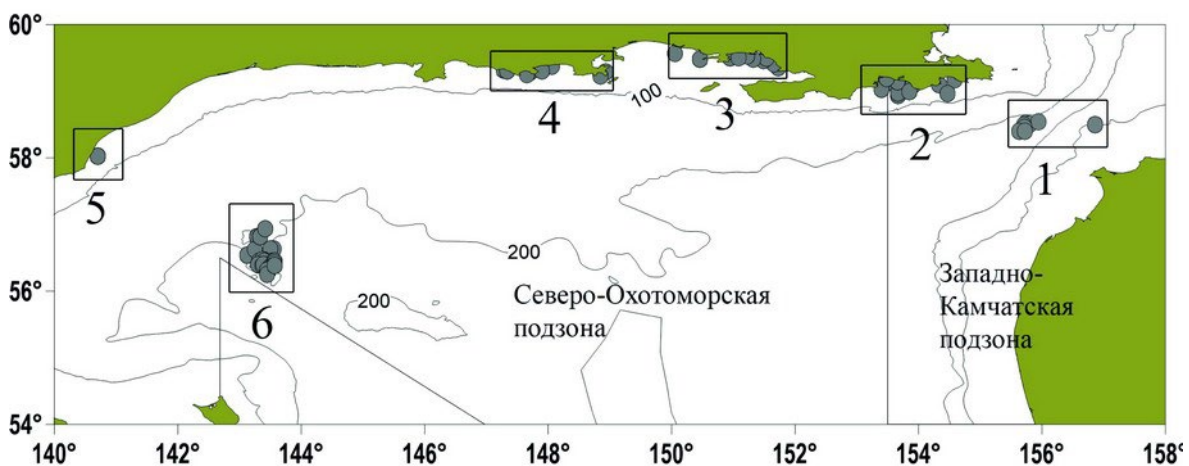


Рис. 1. Места отбора проб на плодовитость:

1 — горло зал. Шелихова, 2 — зал. Бабушкина\*, 3 — Тауйская губа, 4 — зал. Шельтинга\*, 5 — район мыса Ханянгда, 6 — банка и о. Ионы.

\* Район, где была отобрана большая часть проб.

**Таблица 1.** Краткая характеристика материала по плодовитости синего краба в северной части Охотского моря

Год	Район	Акватория	Глубина, м	Масса тела, г		Ширина карапакса, мм		Количество проб, шт.
				Пределы	среднее ± ошибка среднего	пределы	среднее ± ошибка среднего	
2006, 2009	1	Горло зал. Шелихова	106–312	455–1240	703±25	89–137	103,3±1,5	50
2010, 2011, 2013	2	Зал. Бабушкина	16–80	274–1352	752±31	75–133	104,9±1,8	79
2006, 2013	3	Тауйская губа	10–50	203–962	512±26	69–121	92,4±1,7	59
1999, 2011, 2013	4	Зал. Шельтинга	10–52	269–935	499±17	75–118	93,0±1,2	70
2013	5	Около мыса Ханянгда	38	222–690	417±18	69–101	84,7±1,4	39
1992, 2007, 2012	6	Банка и о. Ионы	25–310	257–1478	689±18	75–139	102,8±0,9	220

с большей погрешностью  $\pm 20$ , иногда  $\pm 50$  г. У 30 особей для определения массы тела использовалось уравнение, описывающее связь ширины карапакса самок с их массой, оно имеет следующий вид:

$$W = 0,0036CW^{2,6084},$$

где  $W$  — масса (г),  $CW$  — ширина карапакса самки (мм).

Пробы хранились в 4%-ном растворе формалина или в замороженном виде. Перед взвешиванием яйца отделяли от плеопод, подсушивали на фильтровальной бумаге. Массу кладки определяли на электронных балансировочных весах ELECTRONIC BALANCE ER-120 А, с точностью до 1 мг. Количество яиц в кладке (индивидуальная абсолютная плодовитость, далее — ИАП) определялось счётно-весовым методом [Спановская, Григораш, 1976], который заключался в оценке количества яиц в небольшой навеске, с последующим пересчётом на массу яйцекладки. Величина навески в среднем составляла около 0,3 г (это соответствует примерно 340 яйцам).

Индивидуальную относительную плодовитость (ИОП) определяли как отношение абсолютной плодовитости к массе самки без учёта массы яиц [Агафонкин, 1982].

Для сравнения воспроизводительной способности разных группировок крабов использована относительная популяционная плодови-

тость (ОПП). Под этим термином понимали среднюю абсолютную плодовитость самок разного размера, вычисленную по относительной численности каждого размерного класса в пересчёте на одну «среднюю» самку [Никольский, 1974; Низяев и др., 2006]. Расчёт ОПП проводили по формуле, предложенной В.Н. Иванковым [1974]:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^k E_i P_i}{100},$$

где  $\bar{E}$  — относительная популяционная плодовитость,  $E_i$  — абсолютная плодовитость  $i$ -той размерной группы самок,  $P_i$  — доля самок в этой группе (%),  $i = 1, k$  — соответственно, первая и последняя размерные группы.

Для сравнения репродуктивных возможностей синего краба с данными других популяций синего краба дальневосточного региона рассчитывалось репродуктивное усилие [Хмельёва, 1988]. Репродуктивное усилие определялось как отношение массы яйцекладки к массе самки после удаления яиц.

У 68 самок из заливов Шелихова и Бабушкина определяли размеры яиц под микроскопом МБС-10 с точностью до 0,01 мм. Случайным образом отбирали 10 яиц из каждой пробы и измеряли диаметр в продольном и поперечном направлениях, из чего рассчитывался средний размер яиц в кладке.

Для сравнения ИАП самок с разных участков в одномерном классовом интервале использовали непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса. Если в результате расчётов нулевая гипотеза отвергалась (то есть принималась альтернативная гипотеза о существовании различий между группами), следующим этапом проводились попарные сравнения с помощью критерия Манна-Уитни, при этом использован скорректированный уровень статистической значимости, который рассчитывался по формуле (поправка Бонферрони)  $\rho = 1 - 0,95^{1/n}$ , где  $n$  — количество производимых сравнений.

Статистическую обработку проводили с помощью программного обеспечения «Statistica 10». Применение метода Краскела-Уоллеса и описание алгоритма анализа данных в программном обеспечении Statistica 10 представлено в работе А.М. Гржибовского и др., [2016].

### РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

По некоторым данным в процессе ношения кладки могут происходить потери яиц при трении самок абдоменом о грунт, выедании, паразитизме [Низяев, 2002]. В других случаях происходило изменение средней ИАП в сторону увеличения [Золотухина, 2006], что объяснялось сменой в районе исследований сезонных группировок самок с разной плодовитостью. Возможен также вариант, когда при сравнении ИАП на разных стадиях развития яиц различий не обнаруживалось [Черниенко, Овсянников, 2009].

Вероятно, для правильной оценки различий плодовитости на разных стадиях зрелости яиц, необходимо выбрать район, откуда и куда самки краба практически не мигрируют, пробы на плодовитость брать у одной и той же группировки самок в начале инкубационного периода и на более поздней стадии в одном и том же году. В нашем случае исходные данные не позволили корректно сравнить изменение ИАП в зависимости от стадии зрелости яиц на каком-либо из участков исследований. В целях обобщения материала оценка плодовитости производилась по всей выборке.

Данные о репродуктивных параметрах синего краба северной части Охотского моря представлены в табл. 2. Предельные значения

абсолютной плодовитости различалась в 12 раз (от 15,0 до 181,9 тыс. яиц). В обобщённой выборке наибольшая ИАП была отмечена у самки, пойманной на банке Ионы, с шириной карапакса 128,2 мм, наименьшая величина — у самки около мыса Ханянгда размером 74,0 мм.

Средние арифметические значения ИАП мы не приводим, так как при наличии связи между плодовитостью и размером самок эта величина находится в зависимости от размерной структуры выборки. Более объективно отличия ИАП между группировками показывают величина плодовитости особей одного размерного класса, а также величина относительной популяционной плодовитости, учитывающей размерную структуру поселения.

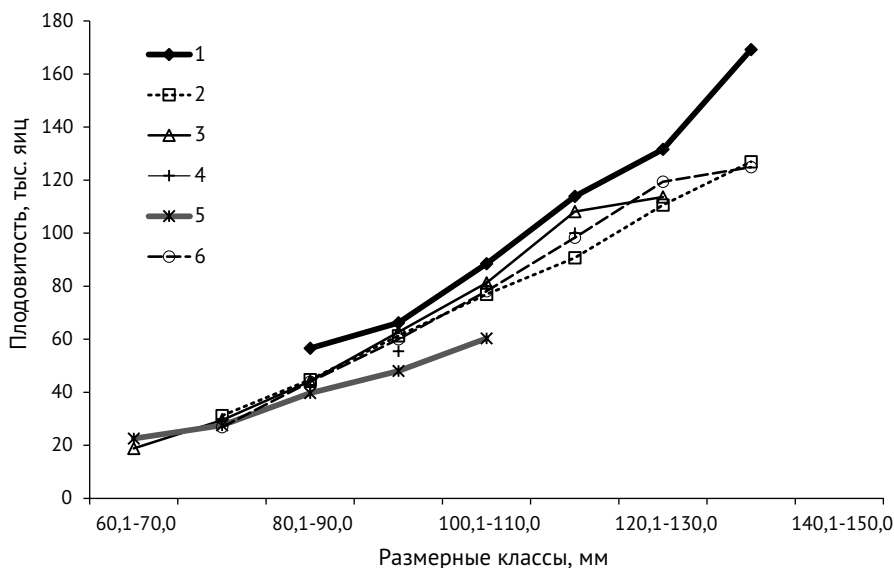
Результаты исследований показали, что ИАП синего краба закономерно повышается с увеличением размеров самок. Сильная корреляция размеров крабов с ИАП отмечена во всех районах. Коэффициенты корреляции ИАП с шириной карапакса самок по районам составили 0,80–0,91, массой кладки 0,83–0,90. Все коэффициенты достоверны при уровне значимости 0,001 ( $t = 8,3–22,0$ ,  $t_{st} \leq 3,6$ ).

С увеличением размерных классов самок ИАП возрастала (рис. 2). При одних и тех же размерах самок ИАП была выше в зал. Шелихова, самая низкая плодовитость отмечена у группировки, обитающей у мыса Ханянгда. На других участках значения абсолютной плодовитости в размерных группах были достаточно вариабельны, при этом, как правило, они занимали промежуточное положение между показателями зал. Шелихова и мыса Ханянгда. Дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса, проведённый для размерных групп 80,1–90,0, 90,1–100,0 и 100,1–110,0 мм, показал, что в общей совокупности географическое положение статистически значимо влияло на значение ИАП только в размерном классе 90,1–100,0 мм по ширине карапакса ( $N = 15,908$ ,  $\rho = 0,007$ ).

С учётом «эффекта множественных сравнений» [Гржибовский и др., 2016] значение 0,05 не могло считаться критическим, новый критический уровень  $\rho$ , рассчитанный с учётом проведённых 15 попарных сравнений, стал ра-

**Таблица 2.** Некоторые репродуктивные параметры, а также линейные и степенные уравнения зависимости ИАП (F, тыс. яиц) от ширины карапакса (CW, мм) самок синего краба в северной части Охотского моря

Номер и название участка	Масса яиц, г		ИОП яиц/г		ИАП, тыс. яиц	ОПП, тыс. яиц	Уравнение F–CW	Достоверность аппроксимации R <sup>2</sup> (F–CW)
	колебания	средняя ± ошибка среднего	диапазон	средняя ± ошибка среднего	диапазон			
1. Горло зал. Шелихова	35,9–135,1	69,3±3,3	90–195	135±3,0	46,7–169,3	87,3	F=2,4402CW–165,73 F=0,0001CW <sup>2,855</sup>	0,837 0,801
2. Зал. Бабушкина	17,2–146,8	71,4±3,4	70–170	114±2,5	20,7–154,1	67,0	F=1,743CW–104,72 F=0,0005CW <sup>2,5585</sup>	0,757 0,782
3. Тауйская губа	11,4–102,9	44,2±3,3	70–191	126±3,7	15,8–125,7	59,5	F=1,9966CW–124,17 F=0,00002CW <sup>3,3024</sup>	0,823 0,817
4. Зал. Шельтинга	16,8–111,7	44,5±2,1	67–179	124±3,1	23,1–120,7	55,2	F=1,7912CW–109,94 F=0,0001CW <sup>2,9122</sup>	0,648 0,633
5. Около мыса Ханянгда	14,9–61,5	34,6±1,9	56–153	102±3,0	15,0–70,5	39,5	F=1,1607CW–59,294 F=0,0002CW <sup>2,7346</sup>	0,652 0,658
6. Банка и о. Ионы	14,3–156,7	65,0±1,7	56–205	121±1,6	18,1–181,9	83,6	F=1,8527CW–115,26 F=0,0004CW <sup>2,6053</sup>	0,705 0,700

**Рис. 2.** Эмпирические кривые зависимости индивидуальной абсолютной плодовитости самок синего краба от ширины карапакса в северной части Охотского моря.

Обозначения: 1 — горло зал. Шелихова, 2 — зал. Бабушкина, 3 — Тауйская губа, 4 — зал. Шельтинга, 5 — район мыса Ханянгда, 6 — банка и о. Ионы

вен 0,0034. При попарном сравнении участков в размерном классе 90,1–100,0 мм по ширине карапакса значение плодовитости синего краба у мыса Ханянгда статистически значимо отличалось от трёх других участков: от зал. Шелихова ( $\rho=0,0003$ ), банки и о. Ионы ( $\rho=0,0027$ ) и Тауйской губы ( $\rho=0,0031$ ).

Относительная популяционная плодовитость была рассчитана исходя из полученных средних значений плодовитости для каждой размерной группы и соотношения этих групп среди самок с яйцами. Для синего краба северной части Охотского моря характерна тесная сопряжённость величины относительной по-

пуляционной плодовитости и географической долготы вдоль североохотоморского побережья от горла зал. Шелихова до мыса Ханянгда (рис. 3). Для данной взаимосвязи подходит термин «клинальная изменчивость» — направленные изменение признака в широтном или долготном направлении. Корреляционная связь между значениями ОПП и восточной долготой статистически значима ( $\rho = 0,05$ ,  $t = 4,98$ ,  $tst = 3,2$ ) и носит положительный характер.

Для описания зависимости «плодовитость — ширина карапакса» подходили как линейная, так и степенная функции. Соответствие уравнений эмпирическим значениям определяли с помощью коэффициента аппроксимации. Величина достоверности аппроксимации, полученная по формулам прямолинейной регрессии, составила 0,648–0,837, по формулам степенной функции — 0,633–0,817.

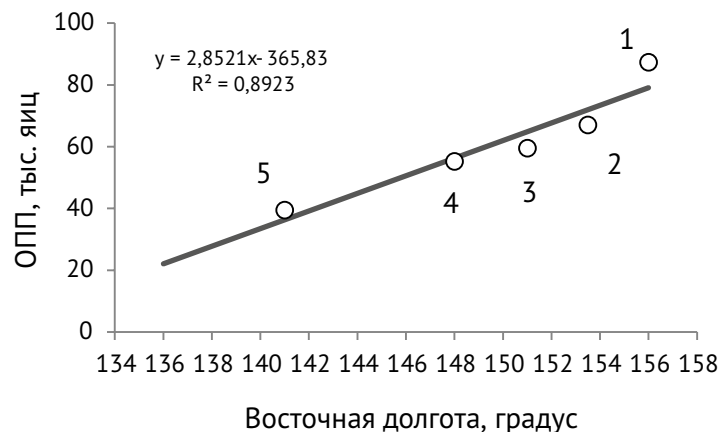
Индивидуальная относительная плодовитость изменялась от 56 до 205 яиц на 1 грамм массы тела самки. ИОП самок по всему району исследований различалась в 3,7 раза, по участкам различия составили: в зал. Шелихова — 2,2, в зал. Бабушкина — 2,4, в Тауйской губе — 2,7, в зал. Шельтинга — 2,7, у мыса Ханянгда — 2,7, у банки и о. Ионы — 3,7 раза. Корреляционная связь между ИОП и линейными размерами самок отсутствовала в зал. Бабушкина, зал. Шельтинга, у мыса Ханянгда, в районе банки и о. Ионы, была

умеренной в зал. Шелихова и в Тауйской губе ( $r = 0,35-0,39$ ,  $t = 2,97-2,84$ ,  $tst = 2,7$ ,  $\rho = 0,01$ ).

Наиболее высокое значение ИОП отмечено в зал. Шелихова, наиболее низкое — в Тауйской губе (рис. 4). В зал. Шелихова и зал. Шельтинга с увеличением размерных классов значения ИОП возрастали, в других районах у самых мелких и самых крупных особей ИОП была ниже, чем у самок среднего размера. Максимальные значения ИОП в зал. Шелихова отмечены у самок с размерами 120,0–140,0 мм, в зал. Бабушкина — 100,0–110,0 мм, в Тауйской губе — 100,0–110,0 мм, в зал. Шельтинга — 110,0–120,0 мм, у мыса Ханянгда — 80,0–90,0 мм, на банке и о. Ионы — 100,0–110,0 мм. В интервале 60,0–70,0 мм у мыса Ханянгда данные, скорее всего, собраны некорректно.

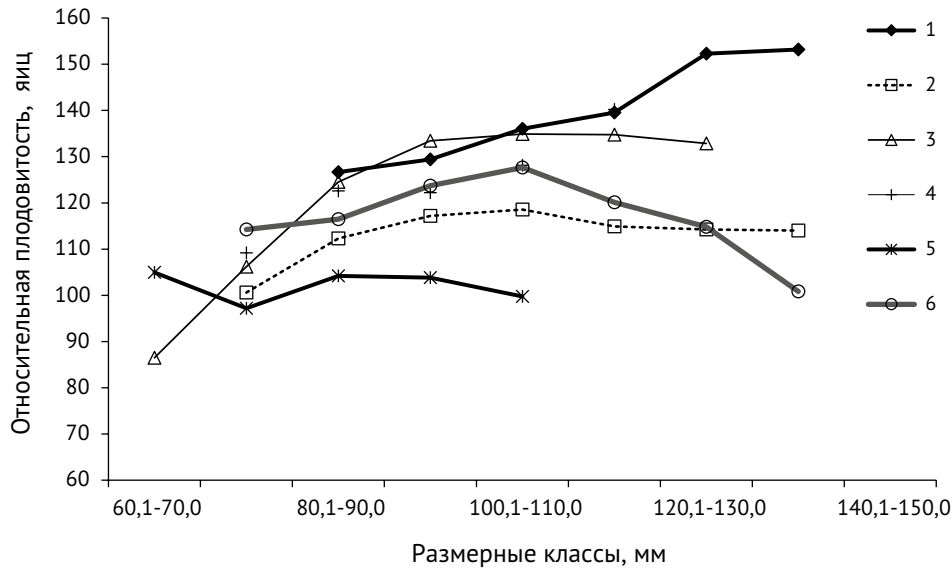
Репродуктивное усилие варьировало от 4,4 до 21,3%, составляя в среднем 9,0% в Тауйской губе и у мыса Ханянгда, 9,7% — в зал. Шельтинга, 10,4% — в зал. Бабушкина, 10,8% — в зал. Шелихова, 10,6% — в районе банки и о. Ионы.

Размеры яиц синего краба приведены в табл. 3. В процессе эмбриогенеза диаметр яиц увеличивается в среднем на 15% в поперечном и на 18% в продольном направлениях. Проверка непараметрическим критерием Манна-Уитни показала статистически значи-



**Рис. 3.** Изменение относительной популяционной плодовитости вдоль североохотоморского побережья от зал. Шелихова до мыса Ханянгда.

Обозначения: 1 — горло зал. Шелихова, 2 — зал. Бабушкина, 3 — Тауйская губа, 4 — зал. Шельтинга, 5 — район мыса Ханянгда



**Рис. 4.** Относительная плодовитость синего краба различных размерных классов в северной части Охотского моря.

Обозначения: 1 — горло зал. Шелихова, 2 — зал. Бабушкина, 3 — Тауйская губа, 4 — зал. Шельтинга, 5 — район мыса Ханянгда, 6 — банка и о. Ионы

**Таблица 3.** Диаметр яиц синего краба в северной части Охотского моря

Показатель		Яйца фиолетовые	Яйца с глазком
Ширина, мм	диапазон	0,98–1,11	1,10–1,26
	средняя $\pm$ ошибка среднего	1,05 $\pm$ 0,01	1,21 $\pm$ 0,01
Длина, мм	диапазон	1,13–1,30	1,32–1,49
	средняя $\pm$ ошибка среднего	1,21 $\pm$ 0,01	1,43 $\pm$ 0,01

мое различие диаметра яиц на стадии «фиолетовые» и «глазчатые» ( $p < 0,001$ ).

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные по абсолютной плодовитости самок синего краба в Охотском, Японском и Беринговом морях показывают, что эта величина весьма изменчива. Минимальная и максимальная её величины различаются в зависимости от района в 4–10 раз (табл. 4). По данным С.И. Агафонкина [1982] в Тауйской губе Охотского моря соотношение предельных величин равнялось трём, к сожалению, в публикации не указан размерный ряд самок, отобранных для проб на плодовитость, при этом, сравнивая его данные с нашими по наибольшему значению ИАП в Тауйской губе, можно предположить что им не анализировались крупноразмерные самки 110,0–130,0 мм по

ширине карапакса. Встречаемость этой группы самок в уловах в Тауйской губе составляет около 5%, таким образом, они просто могли не попасть в выборку.

Несложно заметить, что самки синего краба достигают больших предельных размеров и, соответственно, имеют большую абсолютную плодовитость в водах, отличающихся повышенным теплосодержанием [Букин и др., 1988]. Наибольшая плодовитость синего краба отмечена в Татарском проливе Японского моря и с охотоморской стороны о. Итуруп [Клитин, 2002], наименьшая — в северо-западной части Охотского моря.

Относительная популяционная плодовитость синего краба статистически значимо уменьшалась по направлению с востока (тепловодный участок) на запад (холодноводный участок) вдоль североохотоморского

**Таблица 4.** Индивидуальная абсолютная плодовитость синего краба на различных участках местообитания

Район	Диапазон	ИАП <sub>100</sub>	ОПП	Источник данных
		тыс. яиц		
Запад Берингова моря	30,0–160,0	—	120,0*	Sasakawa, 1975
Западная Камчатка	26,1–120,4	74,9	67,4*	Лысенко, 2001**
Тауйская губа	26,7–79,9	—	45,5*	Агафонкин, 1982
Западный Сахалин	59,5–314,3	***	183,5	Клитин, 2002
Юго-восток Сахалина	17,9–136,5	87,2	77,8	Клитин, 2002
о. Итуруп	40,5–297,3	***	166,5	Клитин, 2002
Зал. Шелихова	46,7–169,3	78,3	87,3	собств.
Зал. Бабушкина	20,7–154,1	65,5	67,0	собств.
Тауйская губа	15,8–125,7	75,5	59,5	собств.
Зал. Шельтинга	23,1–120,7	69,2	55,2	собств.
Район мыса Ханянгда	15,0–70,5	64,6	39,5	собств.
Банка и о. Ионы	18,1–181,9	70,0	83,6	собств.

\* Среднее арифметическое.

\*\* Данные сняты с рисунка.

\*\*\* При данной ширине карапакса отсутствуют самки с яйцами.

Примечание. ИАП<sub>100</sub> — значение индивидуальной абсолютной плодовитости при ширине карапакса 100 мм, значение рассчитано по приведённым уравнениям регрессии.

побережья от горла зал. Шелихова до мыса Ханянгда. Данная взаимосвязь возникла из-за воздействия ядра холода, расположенного в северо-западной части Охотского моря, на темп роста крабов, а вместе с тем и на их плодовитость. Относительная популяционная плодовитость синего краба, обитающего на банке и о. Ионы, данной клинальной изменчивости не подчиняется, так как между северной оконечностью Сахалина и о-вом Ионы из-за подхода глубинных тихоокеанских вод формируются специфические гидрологические условия [Морошкин, 1966]. На вышеуказанной акватории наблюдается повышенная солёность в верхних слоях воды, а холодный промежуточный слой исчезает. Таким образом гидрологические условия для крабов здесь достаточно благополучны, к примеру, ОПП зал. Шелихова, а также банки и о. Ионы, находятся практически на одном уровне — 87,3 и 83,6 тыс. яиц, соответственно. В зал. Бабушкина также наблюдается довольно высокое значение ОПП — 67,0 тыс. яиц, объясняется это тем, что синий краб, обитающий на данной акватории, не испытывает влияния ядра холода. Известно, что отрог ядра холода заходит в Тауйскую губу [Шершенкова, Чернявский,

2006], не распространяясь дальше на восток. Чем дальше на запад, тем ОПП синего краба становится меньше, достигая минимального значения у мыса Ханянгда — 39,5 тыс. яиц.

Уменьшение ОПП вдоль североохотоморского побережья происходило за счёт уменьшения модальной группы крабов: зал. Шелихова — 100,1–110,0, зал. Бабушкина, Тауйская губа, зал. Шельтинга — 90,1–100,0, мыс Ханянгда — 80,1–90,0 мм. Определяя долю самок более 100 мм по ширине карапакса в каждом районе исследований, можно было проследить её уменьшение с востока на запад (зал. Шелихова — 61%, зал. Бабушкина — 41%, Тауйская губа — 23%, зал. Шельтинга — 20%, мыс Ханянгда — 4%) и, соответственно, также снижение ОПП.

Рассматриваемые нами участки севера Охотского моря различались также абсолютной плодовитостью самок одного размерного класса (удалось доказать, что у мыса Ханянгда медианные значения плодовитости самок размером 90,1–100,0 мм по ширине карапакса статистически значимо отличаются от плодовитости самок Тауйской губы, зал. Шелихова, банки и о. Ионы). Таким образом, в более суровых условиях плодовитость была меньше,



чем в менее суровых. Уменьшение плодовитости одноразмерных самок в случае продолжительного воздействия низких придонных температур на популяцию крабов выявлялось и ранее [Карасёв, 2008]. В других размерных диапазонах (80,0–90,0 и 100,0–110,0 мм по ширине карапакса) доказать различие плодовитости по участкам не удалось, вероятно, из-за большой вариабельности плодовитости в размерном ряду самок, а также повышенных требований к статистической значимости при множественных сравнениях (необходимость использовать поправку Бонферрони) [Грибовский и др., 2016]. При этом отчётливо наблюдается тенденция, что в зал. Шелихова плодовитость в размерных группах самок выше, а в районе мыса Ханянгда ниже, чем на других рассматриваемых участках.

Неоднородность плодовитости самок одного размера в пределах ареала синего краба можно наблюдать, если рассчитать по уравнению регрессии и сравнить значение абсолютной плодовитости для различных участков его ареала. Так, при размере 100 мм плодовитость самок у мыса Ханянгда составила 74%, из зал. Шелихова — 90% от плодовитости самок юго-восточного Сахалина (см. табл. 4).

Различия средних значений ИОП по участкам были невелики. При этом средние значения ИОП оказались сходны со средними значениями ИОП, рассчитанными по формуле В.Н. Иванкова [1974]. Как правило, наблюдалось снижение ИОП в младших и старших возрастных группах, исключение составили ИОП синего краба зал. Шелихова и зал. Шельтинга, где она возрастала по мере увеличения размеров самок. По изменению ИОП можно судить о развитии или затухании воспроизводительных способностей самок разных размерных групп [Анохина, 1969]. На участках, где ИОП снижалась, у младших и старших размерных групп перелом кривой происходил при разной ширине карапакса, что обусловлено разным темпом роста крабов.

Для синего краба отмечен довольно узкий диапазон значений репродуктивного усилия — 9,0–10,8% по нашим данным, 9,4–9,8% по данным А.К. Клитина [2002]. Практически не отличались репродуктивным усилием районы с наименьшей (9,0% у мыса Ханянг-

да) и наибольшей (9,5% у западного Сахалина) ОПП. Это говорит о том, что различия в абсолютной плодовитости в разных районах ареала обусловлены в первую очередь разницей в темпе роста крабов.

В течение эмбриогенеза у самок синего краба наблюдали закономерное увеличение размеров яиц. Форма яйца — овальная, средний размер за основное время инкубации увеличивается в среднем на 15% в поперечном и на 18% в продольном направлении. Размеры фиолетовых яиц были такими же, как в районе о-в Прибылова — 1,0 и 1,2 мм [Somerton, MacIntosh, 1985].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размах вариации индивидуальной абсолютной плодовитости синего краба в северной части Охотского моря достаточно большой. ИАП колебалась от 15,0 до 189,9 тыс. яиц. ИАП повышалась с увеличением размеров самок на всех исследованных участках. Наибольшее значение средневзвешенной ИАП или относительной популяционной плодовитости отмечено для зал. Шелихова (87,3 тыс. яиц), а также банки и о. Ионы (83,6 тыс. яиц).

Была выявлена клинальная изменчивость уменьшения ОПП по направлению с востока на запад вдоль североохотоморского побережья от зал. Шелихова до мыса Ханянгда. Определённый вклад в появление этой закономерности внесло различие плодовитости у одноразмерных самок. Главной причиной проявления клинальной изменчивости является, вероятно, температурный режим вод, влияющий на темпы роста крабов. Относительная популяционная плодовитость синего краба, обитающего на банке и о. Ионы, из-за специфических гидрологических условий выявленной клинальной изменчивости не подчинялась.

Связь ИОП с размерами самок чаще отсутствовала, иногда была умеренной (зал. Шелихова и зал. Шельтинга). На участках, где ИОП снижалась у младших и старших размерных групп, перелом кривой происходил при разной ширине карапакса, что обусловлено разным темпом роста крабов.

Величина репродуктивного усилия слабо варьировала по разным районам и находилась в пределах 9,0–10,8%.

В процессе эмбриогенеза происходило увеличение размеров яиц. Средние размеры ширины и длины яиц на стадии «фиолетовая» составляли 1,05 и 1,21 мм, на стадии «глазчатая» — 1,21 и 1,43 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агафонкин С.И. 1982. К плодовитости колючего краба *Paralithodes brevipes* (A. Milne-Edwards et Lucas) северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 106. С. 16–18.
- Анохина Л.Е. 1969. Закономерности изменения плодовитости рыб. М.: Наука. 295 с.
- Букин С.Д., Мясоедов В.И., Низяев С.А., Слизкин А.Г., Терехов С.П., Галимзянов К.Г., Кочнев Ю.Р. 1988. Динамика пространственного распределения и некоторые особенности биологии синего краба северной части Тихого океана // Морские промысловые беспозвоночные. Сборник научных трудов. М.: ВНИРО. С. 4–16.
- Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. 2016. Сравнение количественных данных трёх и более независимых выборок с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS: параметрические и непараметрические критерии // Наука и здравоохранение. № 4. С. 5–37.
- Иванков В.Н. 1974. К методике определения плодовитости пойкилотермных животных // Гидробиологический журнал. Т. 10. Ч. 1. С. 99–102.
- Карасёв А.Н. 2008. Плодовитость краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в северной части Охотского моря // Вопросы рыболовства. Т. 9. № 2. С. 373–394.
- Клитин А.К. 2002. Плодовитость дальневосточных крабондов в водах Сахалина и Курильских островов // Вопросы рыболовства. Т. 3. № 3(11). С. 428–449.
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 351 с.
- Лысенко В.Н. 2001. Особенности биологии самок синего краба *Paralithodes platypus* в северо-восточной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. 2. С. 523–532.
- Мельник А.М., Абаев А.Д., Васильев А.Г., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А. 2014. Крабы и крабонды северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 198 с.
- Морошкин К.В. 1966. Водные массы Охотского моря. М.: Наука. 68 с.
- Низяев С.А. 2002. Плодовитость равношипого краба *Lithodes aequispinus* Курильской гряды // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. Труды СахНИРО. Т. 4. С. 192–201.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб. М.: Пищевая промышленность. 447 с.
- Спановская В.Д., Григораш В.А. 1976. К методике определения плодовитости единовременного и порционно икротечущих рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Ч. 2. Вильнюс: Мокслас. С. 54–62.
- Хмельёва Н.Н. 1988. Закономерности размножения ракообразных. Минск: Наука и техника, 208 с.
- Чернявский В.И. 1992. Особенности формирования термики деятельного слоя Охотского моря // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 91–104.
- Шершенкова С.А., Чернявский В.И. 2006. Гидрологический режим акватории // Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. С. 173–190.
- Sakawa Y. 1975. Studies on blue king crab resources in the western Bering Sea-III. Ovarian weights, egg numbers carried and diameters // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. V. 41. P. 941–944.
- Somerton D.A., MacIntosh R. A. 1985. Reproductive biology of the female blue king crab *Paralithodes platypus* near the Pribilof Islands, Alaska // Journal of Crustacean Biology. V. 5, № 3. P. 365–376.

Поступила в редакцию 28.12.2018 г.  
Принята после рецензии 23.01.2019 г.

## Commercial species and their biology

## Fecundity of female blue king crab in the northern sea of Okhotsk

S.V. Klinushkin

Magadan branch of FSBSI «VNIRO» («MagadanNIRO»), Magadan

The absolute, relative individual, and relative population fecundity (average number of eggs per ovigerous female) in ovigerous females of the blue king crab (*Paralithodes platypus*) from the northern part of the Sea of Okhotsk were analyzed. The absolute fecundity varied from 15 000 to 181 900 eggs per female and increased with the body size in all areas under study. The maximum upper values of absolute fecundity were registered near the bank and Iony Island, as well as in the Shelikhov Gulf. The minimum upper values were recorded near Cape Khanyangda. Equations describing the dependence “fecundity — carapace width” were provided for every investigated area. For same-sized females, the absolute fecundity was higher in the Shelikhov Gulf and lower near Cape Khanyangda. The relative individual fecundity varied from 56 to 205 eggs per 1 g of specimen body weight. The mean values of relative fecundity within the studied areas differed insignificantly. The relative population fecundity decreased from east to west along the coast of the Sea of Okhotsk, from the bar of the Gulf Shelikhov to Cape Khanyangda. Its maximum and minimum values were 87 300 and 39 500 eggs, respectively. The relative population fecundity of *P. platypus* from the bank of Iony Island was not subject to clinal variability due to the specific hydrological conditions of the area. The mean reproductive effort varied slightly between the studied areas and equaled 9.0–10.8%. The average width and length of purple and eyed eggs were 1.05 and 1.21 mm and 1.21 and 1.43 mm, respectively.

**Keywords:** The Sea of Okhotsk, blue king crab *Paralithodes platypus*, fecundity, eggs.

## REFERENCES

- Agafonkin S.I. 1982. K plodovitosti kolyuchego kraba *Paralithodes brevipes* (A. Milne-Edwards et Lucas) severnoj chasti Okhotskogo morya [On the fecundity of the brown king crab *Paralithodes brevipes* (A. Milne-Edwards et Lucas) in the northern part of the sea of Okhotsk] // Izvestiya TINRO. T. 106. S. 16–18.
- Anokhina L.E. 1969. Zakonomernosti izmeneniya plodovitosti ryb [The patterns of changes in fish fecundity]. M.: Nauka. 295 s.
- Bukin S.D., Myasoedov V.I., Nizyaev S.A., Slizkin A.G., Terekhov S.P., Galimzyanov K.G., Kochnev YU. R. 1988. Dinamika prostranstvennogo raspredeleniya i nekotorye osobennosti biologii sinego kraba severnoj chasti Tikhogo okeana [The dynamics of spatial distribution and some peculiarities of biology of blue king crab in the northern Pacific ocean] // Morskije promyslovye bespozvonochnye. Sbornik nauchnykh trudov. M.: VNIRO. S. 4–16.
- Grzhibovskij A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. 2016. Sravnenie kolichestvennykh dannykh trekh i bolee nezavisimykh vyborok s ispol'zovaniem programmnoego obespecheniya Statistica i SPSS: parametricheskie i neparametricheskie kriterii [Analysis of quantitative data in three or more independent groups using Statistica and SPSS software: parametric and non-parametric test] // Nauka i zdavookhranenie. № 4. S. 5–37.
- Ivankov V.N. 1974. K metodike opredeleniya plodovitosti pojkilotermnykh zhivotnykh [On the methodology of determining the fecundity of poikilothermic animals] // Gidrobiologicheskij zhurnal. T. 10. CH. 1. S. 99–102.
- Karasev A.N. 2008. Plodovitost' kraba-striguna *Chionoecetes opilio* v severnoj chasti Okhotskogo morya [Fecundity of female snow crab *Chionoecetes opilio* in the northern sea of Okhotsk] // Voprosy rybolovstva. T. 9. № 2. S. 373–394.
- Klitin A.K. 2002. Plodovitost' dal'nevostochnykh kraboidov v vodakh Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov

- [Fecundity of far eastern king crabs in the waters of Sakhalin and the Kuril islands] // *Voprosy rybolovstva*. T. 3. № 3(11). S. 428–449.
- Lakin G.F. 1990. *Biometriya* [Biometrics]. M.: Vysshaya shkola. 351 s.
- Lysenko V.N. 2001. Osobennosti biologii samok sinogo kraba *Paralithodes platypus* v severo-vostochnoj chasti Okhotskogo morya [Peculiarities of the biology of females blue king crab *Paralithodes platypus* in north-eastern the Okhotsk Sea] // *Izvestiya TINRO*. T. 128. CH. 2. S. 523–532.
- Mel'nik A. M., Abaev A.D., Vasil'ev A. G., Klinushkin S.V., Metelev E.A. 2014. Kraby i kraboidy severnoj chasti Okhotskogo morya [Crabs and king crabs of the northern part of the Okhotsk Sea]. Magadan: MagadanNIRO. 198 s.
- Moroshkin K.V. 1966. Vodnye massy Okhotskogo moray [Water masses of the Sea of Okhotsk]. M: Nauka, 68 s.
- Nizyaev S.A. 2002. Plodovitost' ravnoshipogo kraba *Lithodes aequispinus* Kuril'skoj gryady [Fecundity of golden king crab *Lithodes aequispinus* off the Kuriles islands] // *Biologiya, sostoyanie zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatoriyakh*: Trudy SakhNIRO. T. 4. S. 192–201.
- Nikol'skij G. V. 1974. Teoriya dinamiki stada ryb [The theory of fish stock dynamics]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 447 s.
- Spanovskaya V.D., Grigorash V.A. 1976. K metodike opredeleniya plodovitosti edinovremenno i portionno ikromechushchikh ryb [On the methodology of determining the fecundity of semelparous and iteroparous fish] // *Tipovye metodiki issledovaniya produktivnosti vidov ryb v predelakh ikh arealov*. CH. 2. Vil'nyus: Mokslas, S. 54–62.
- Khmeleva N.N. 1988. Zakonomernosti razmnozheniya rakoobraznykh [The patterns of reproduction in crustaceans]. Minsk: Nauka i tekhnika, 208 s.
- Chernyavskij V.I. 1992. Osobennosti formirovaniya termiki deyatelnogo sloya Okhotskogo morya [Thermal column formation in the active layer of the Sea of Okhotsk] // *Okeanologicheskie osnovy biologicheskoj produktivnosti severo-zapadnoj chasti Tikhogo okeana*. Vladivostok: TINRO. S. 91–104.
- Shershenkova S.A., Chernyavskij V.I. 2006. Gidrologicheskij rezhim akvatorii [Hydrological regime of the water area] // *Landschafty, klimat i prirodnye resursy Taujskoj guby Okhotskogo morya*. Vladivostok: Dal'nauka. S. 173–190.
- Sasakawa Y. 1975. Studies on blue king crab resources in the western Bering Sea-III. Ovarian weights, egg numbers carried and diameters // *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. V. 41. P. 941–944.
- Somerton D.A., MacIntosh R. A. 1985. Reproductive biology of the female blue king crab *Paralithodes platypus* near the Pribilof Islands, Alaska // *Journal of Crustacean Biology*. V. 5, № 3. P. 365–376.

## TABLE CAPTIONS

**Table 1.** Brief description of the material based on blue king crab's fecundity in the northern part of the Sea of Okhotsk

**Table 2.** Some reproductive parameters and linear and power equations showing the dependence of individual absolute fecundity (F, thousand eggs) on carapace width (CW, mm) in females of the blue king crab from the northern part of the Sea of Okhotsk.

**Table 3.** Diameter of external eggs of blue king crab of the northern part of the Sea of Okhotsk **Table 4.** Individual absolute fecundity of the blue king crab in different parts of the habitat

## FIGURE CAPTIONS

**Fig. 1.** Areas of eggs sampling for determination of fecundity: 1 — Shelikhov bay, 2 — Babushkina bay, 3 — Tauyskaya inlet, 4 — Shel'ting bay, 5 — Hanyangda cape, 6 — bank and island Iona. Note: \* — the area where most samples were taken

**Fig. 2.** Empirical curves of blue king crab absolute fecundity dependence on carapace width in the northern part of the Sea of Okhotsk. Legend: 1 — Shelikhov bay, 2 — Babushkina bay, 3 — Tauyskaya inlet, 4 — Shel'ting bay, 5 — Hanyangda cape, 6 — bank and island Iona

**Fig. 3.** Changes in the average number of eggs per ovigerous female estimated along the northern coast of the Sea of Okhotsk, from the Shelikhov bay to Khanyangda cape. Legend: 1 — Shelikhov bay, 2 — Babushkina bay, 3 — Tauyskaya inlet, 4 — Shel'ting bay, 5 — Hanyangda cape

**Fig. 4.** Relative fecundity of the blue king crab representing different size classes in the northern part of the Sea of Okhotsk. Legend: 1 — Shelikhov bay, 2 — Babushkina bay, 3 — Tauyskaya inlet, 4 — Shel'ting bay, 5 — Hanyangda cape, 6 — bank and island Iona