

БИОЛОГИЯ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 591.9:595.384

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ САМОК КРАБА
СТРИГУНА *CHIONOECETES OPILIO* В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
ОХОТСКОГО МОРЯ**

© 2008 г. Е.А. Метелев, А.Н. Карасев

Магаданский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии, Магадан 685000

Поступила в редакцию 26.07.2007 г.

Окончательный вариант получен 04.10.2007 г.

Определены размеры наступления половой зрелости самок краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (Fabricius) из двух районов северной части Охотского моря. Размер наступления 50%-ной половозрелости для самок Притауйского района составил 56,6 мм, для залива Шелихова – 56,4 мм. Представлены материалы об аллометрическом росте абдомена самок, установлена степень различий исследуемых признаков. Для самок краба-стригуна опилио характерно наличие тесной корреляции между шириной абдомена и шириной карапакса.

ВВЕДЕНИЕ

Краб-стригун *Chionoecetes opilio* является одним из самых массовых и широко распространенных видов крабов в северной части Охотского моря. Период полового созревания – один из наиболее важных этапов в жизни любого организма, а определение популяционной половозрелости, т.е. размера, при котором более 50% особей становятся половозрелыми, широко используется как один из параметров мониторинга состояния популяции. Снижение размера, при котором достигается половозрелость, является одним из адаптивных свойств вида, направленных на увеличение репродуктивного потенциала популяции (Анохина, 1969). Причины, вызывающие снижение размера половой зрелости, могут быть связаны с уменьшением численности половозрелой части популяции, обусловленными воздействием каких-либо неблагоприятных факторов, например, промыслового пресса или выедания хищниками (Анохина, 1969; Низяев, 2001).

Половое созревание самцов определяется по наступившим изменениям в пропорции размера клешни и ширины карапакса (Иванов, Соколов, 1997; Comeau, 1986). У самок при половом созревании и непосредственно в процессе так называемой «линьки созревания» рост абдомена в ширину существенно преобладает над ростом карапакса, что приводит к формированию широкого (чащеобразного) абдомена, приспособленного для вынашивания икры (Первеева, 2002; Watson, 1970).

Отечественных публикаций, посвященных определению размеров половой зрелости самок краба-стригуна опилио, не так много (Исупов, 1999; Первеева, 2002; Михайлов и др., 2003). В работе В.И. Михайлова с соавторами (2003) широко представлены материалы по особенностям биологии краба-стригуна опилио, обитающего в северной части Охотского моря. В отношении самок в

данной работе указывалось, что размер, при котором более 50% особей становятся половозрелыми, по данным траловых съемок, проводившихся в 1997 и 2000 гг., составлял 57 мм, причем эта величина в зависимости от района изменялась несущественно. Однако представленные в этой работе результаты исследований были основаны на изменениях эмпирических данных (после группирования самок в 1 мм размерные классы), без аппроксимации их логистической кривой.

В настоящей статье проводятся расчеты размеров достижения половой зрелости самок краба-стригуна опилию северной части Охотского моря в соответствии с современными математическими методами. Представлены материалы об аллометрическом росте абдомена самок, устанавливается степень различий исследуемых признаков у самок, обитающих в двух удаленных друг от друга районах северной части Охотского моря, анализируется их размерный состав из ловушечных и траловых уловов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основе работы лежат материалы, полученные при выполнении комплексной донной траловой съемки на НИС «Зодиак» в августе-сентябре 2000 г. и учетно-ловушечных съемок по трубачам, выполненных с борта СРТМ-К «Александр Шалин» (ООО «Маг-Си Интернешнл») в мае-ноябре 2003-2006 гг. (рис. 1, 2). В сборе материалов принимали непосредственное участие авторы статьи, а также ряд сотрудников ФГУП «МагаданНИРО».

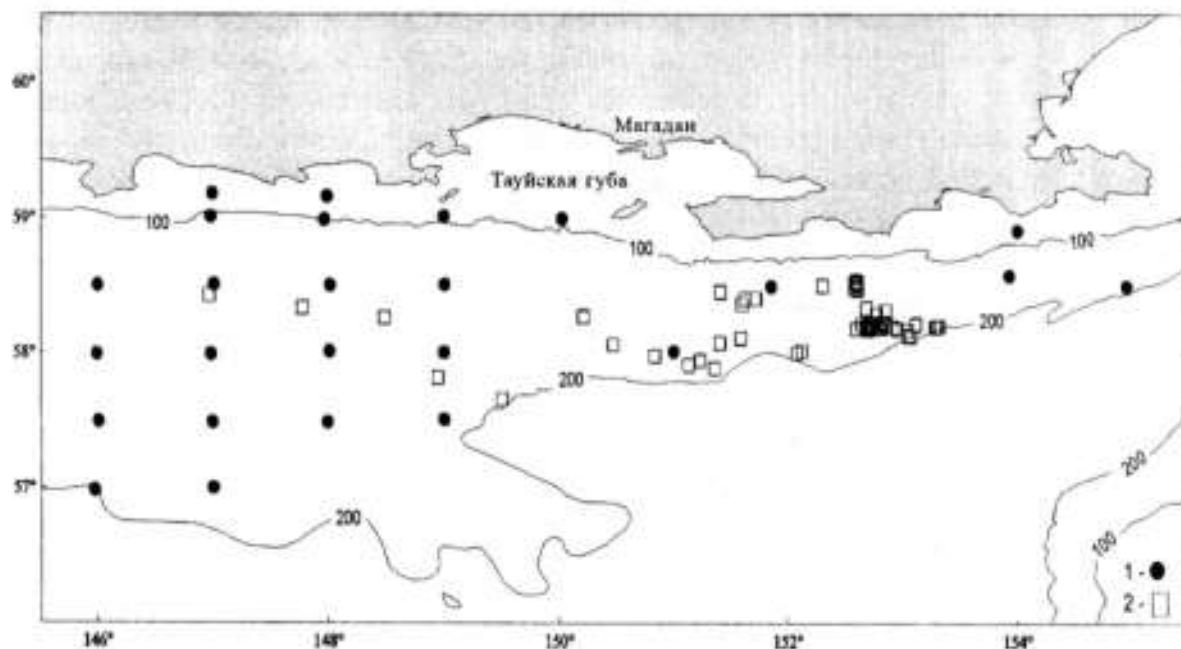


Рис. 1. Схема расположения станций с уловами самок краба-стригуна опилию в Притауйском районе в 2000, 2003-2006 гг.: 1 – станции донной траловой съемки, 2 – станции ловушечной съемки.

Fig. 1. Station sites for snow crab (*C. opilio*) females in the Pritauisk region. Abbreviations: 1 – stations of bottom-trawl survey, 2 – stations of trap surveys.

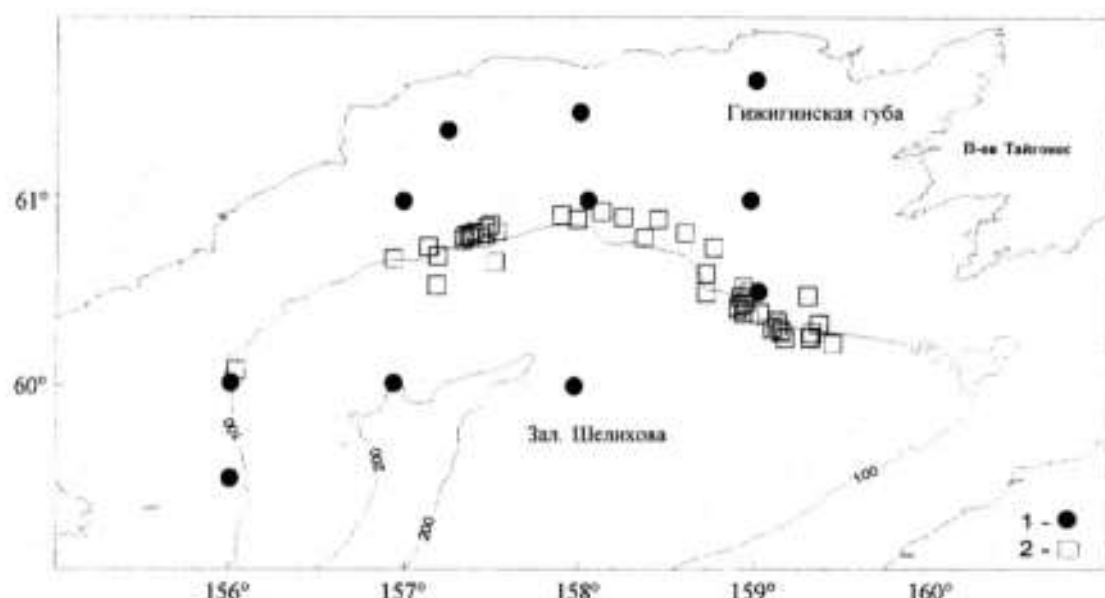


Рис. 2. Схема расположения станций с уловами самок краба-стригуна опилио в зал. Шелихова в 2000, 2003-2006 гг.: 1 – станции донной траловой съемки, 2 – станции ловушечной съемки.

Fig. 2. Station sites for snow crab (*C. opilio*) females in the Shelikho Gulf. Abbreviations: 1 – stations of bottom-trawl survey, 2 – stations of trap surveys.

В качестве орудия лова на НИС «Зодиак» использовали донный трал российского производства (ДТ 45,6/42,0) с горизонтальным раскрытием 27 м, оснащенный жестким грунтопом. В кутце трала имелась вставка из дели размером 12х12 мм. Скорость тралений колебалась в пределах от 2 до 3,5 узлов. Продолжительность тралений составляла 30 мин. При облове трубочей использовали стандартные ловушки высотой 300 мм с единственным входным отверстием, расположенным в их верхней части, диаметром 150 мм; размер ячеей дели составлял 20х20 мм. Ловушки крепили к хребтине на расстоянии 10 м одна от другой, их количество в порядке варьировало от 250 до 650 штук. Продолжительность застоя порядков колебалась от одного до трех дней, в среднем составляла двое суток.

У самок измеряли ширину карапакса и абдомена в самой широкой его части (пятый абдоминальный сегмент) с точностью до 0,1 мм. К половозрелым самкам относились особи, имевшие широкий выпуклый (чашеобразный) абдомен, к неполовозрелым (ювенильным) – особи с узким и плотно прижатым абдоменом.

Одним из распространенных способов оценки популяционной половозрелости является определение размера карапакса (ширины), при котором половой зрелости достигает 50% особей (Первеева, 2002, 2006; Михайлов и др., 2003; Watson, 1970; Somerton, 1980). Этот метод использовали в настоящей работе и применяли исключительно к данным траловой съемки. Для установления указанного размера рассматривали изменение доли половозрелых самок с увеличением ширины карапакса с последующей аппроксимацией полученных данных логистической S-образной кривой. Самок группировали по 2 мм размерным классам.

Коэффициенты кривой находили по уравнению Ферхюльста $P = \frac{100}{1 + 10^{a+bW_c}}$ (Лакин, 1990), где P – доля самок в процентах, a и b – коэффициенты, W_c – ширина карапакса самок (мм). Из уравнения следует, что при $P=50\%$ $W_c = \frac{-a}{b}$. Линейные регрессии зависимости ширины абдомена от ширины карапакса у разных категорий самок (половозрелых и неполовозрелых) сравнивали в соответствии со стандартными статистическими методами с использованием t -критерия Стьюдента (Лакин, 1990).

В Притауйском районе обследован участок в пределах координат $56^{\circ}59' - 59^{\circ}11'$ с.ш., $145^{\circ}58' - 154^{\circ}59'$ в.д. на глубинах от 79 до 205 м (рис. 1). На этом участке проанализирован улов самок на 25 станциях траловой съемки и в 67 трубачеловных порядках. При выполнении траловой съемки взято на анализ 641 экз., из уловов трубачеловных ловушек – 997 экз. самок краба-стригуна.

В пределах акватории зал. Шелихова был исследован участок в координатах $58^{\circ}30' - 61^{\circ}40'$ с.ш., $156^{\circ}01' - 159^{\circ}28'$ в.д. с глубинами от 41 до 219 м (рис. 2). В этом районе выполнено 11 станций траловой съемки и 50 ловушечных станций. Из уловов трала проанализировано 466 экз., из ловушечных уловов – 1 123 экз. самок краба-стригуна.

При выполнении биологических анализов по различным причинам не был измерен абдомен у 281 экз. самок. Из них 235 экз. ювенильных особей с шириной карапакса от 15 до 32 мм из траловых уловов были добавлены в базу данных без величины ширины абдомена. Это было необходимо для учета в размерном составе молодых особей, попавших в выборку мелкой фракции беспозвоночных (крабы из крупной фракции измерялись все). Кроме того, в период многолетнего сбора материала допускались пропуски измерений абдомена по случайным причинам (25 экз.) и вынужденно (21 экз.) – вследствие повреждений абдомена, общей мягкости панциря у особей 1 и 2 линичной стадии и недостатка времени при проведении комплексной траловой съемки. По вышеуказанным причинам для изучения аллометрического роста абдомена использовали измерения 1 596 экз. самок из Притауйского района и 1 350 экз. из зал. Шелихова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение размерного состава самок краба-стригуна опилио из уловов траловой съемки показало, что в Притауйском районе самки краба были крупнее, чем в зал. Шелихова (табл. 1). Средний размер неполовозрелых самок составил для первого района $43,4 \pm 0,8$ мм, для второго – $28,9 \pm 0,7$ мм. Полученные различия средних значений достоверны на 1%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт}} = 13,64$, $t_{\text{табл}} = 2,58$). Половозрелые самки также были крупнее в первом районе ($63,3 \pm 0,3$ мм), чем во втором ($60,9 \pm 0,7$ мм) с достоверным различием на 1%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт}} = 3,15$).

В уловах трубачеловных ловушек (размер ячеи 20 мм) мелкоразмерные особи краба-стригуна также присутствовали. В Притауйском районе минимальный

размер самки составил 10 мм, однако попадание данного экземпляра можно считать случайным, поскольку следующие размерные группы в уловах начинались с размера более 30 мм по ширине карапакса, а промежуточные размерные группы отсутствовали. Размеры ювенильных самок стригуна опилио варьировали в пределах от 10,0 до 70,3 мм, половозрелых – от 50,0 до 83,8 мм. В зал. Шелихова минимальное и максимальное значения ширины карапакса неполовозрелых самок составили 32,0 и 70,6 мм соответственно. Размеры половозрелых самок варьировали в более широком диапазоне – от 44,0 до 88,0 мм.

Таблица 1. Размерные характеристики самок краба-стригуна опилио из траловых и ловушечных сборов в северной части Охотского моря.

Table 1. Size characteristics of *C. opilio* females from trawl and trap surveys in the northern part of the Sea of Okhotsk.

Район	Категории самок	Минимальная ширина карапакса, мм	Максимальная ширина карапакса, мм	Средняя ширина карапакса \pm ошибка, мм	N, экз.
Траловая съемка 2000 г.					
Притауйский район	неполовозрелые	10,0	66,0	43,4 \pm 0,8	303
	половозрелые	50,5	79,5	63,3 \pm 0,3	338
Залив Шелихова	неполовозрелые	15,0	62,0	28,9 \pm 0,7	416
	половозрелые	47,8	73,0	60,9 \pm 0,7	50
Ловушечные съемки 2003-2006 гг.					
Притауйский район	неполовозрелые	10,0	70,3	57,0 \pm 1,3	81
	половозрелые	50,0	83,8	66,2 \pm 0,2	916
Залив Шелихова	неполовозрелые	32,0	70,6	53,0 \pm 0,5	199
	половозрелые	44,0	88,0	63,0 \pm 0,2	924

Таким образом, проанализировав размерные показатели (минимальную, максимальную и среднюю ширину карапакса) неполовозрелых и половозрелых самок во всех используемых способах сбора проб, есть основание предположить, что у особей, обитающих в зал. Шелихова, половая зрелость наступает при меньших размерах, чем у самок Притауйского района.

Ранее Ватсон (Watson, 1970) в своей работе установил, что у половозрелых самок краба-стригуна опилио более широкий абдомен, чем у неполовозрелых особей, и на графике зависимости ширины абдомена от ширины карапакса между двумя полями точек (половозрелыми и неполовозрелыми самками) образуется ясный разрыв. Наличие его указывает на достижение особями половозрелости. Для выявления различий в росте абдомена самок краба-стригуна опилио северной части Охотского моря по мере их созревания были построены графики, на которых откладывали в логарифмическом виде по шкале абсцисс значения ширины карапакса, а по оси ординат – значения ширины абдомена.

Как видно на рисунке 3, половозрелые и неполовозрелые самки краба-стригуна опилио образуют обособленные совокупности точек, а размер abdomena и карапакса для данных категорий самок обнаруживают тесную положительную взаимосвязь (табл. 2). При рассмотрении полученных регрессий установлено, что для неполовозрелых самок, обитающих в двух районах северной части Охотского моря, различия достоверны на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт}}=2,27$, $t_{\text{табл}}=1,96$). Для половозрелых самок достоверность различий полученных регрессий не была установлена ($t_{\text{факт}}=0,61$).

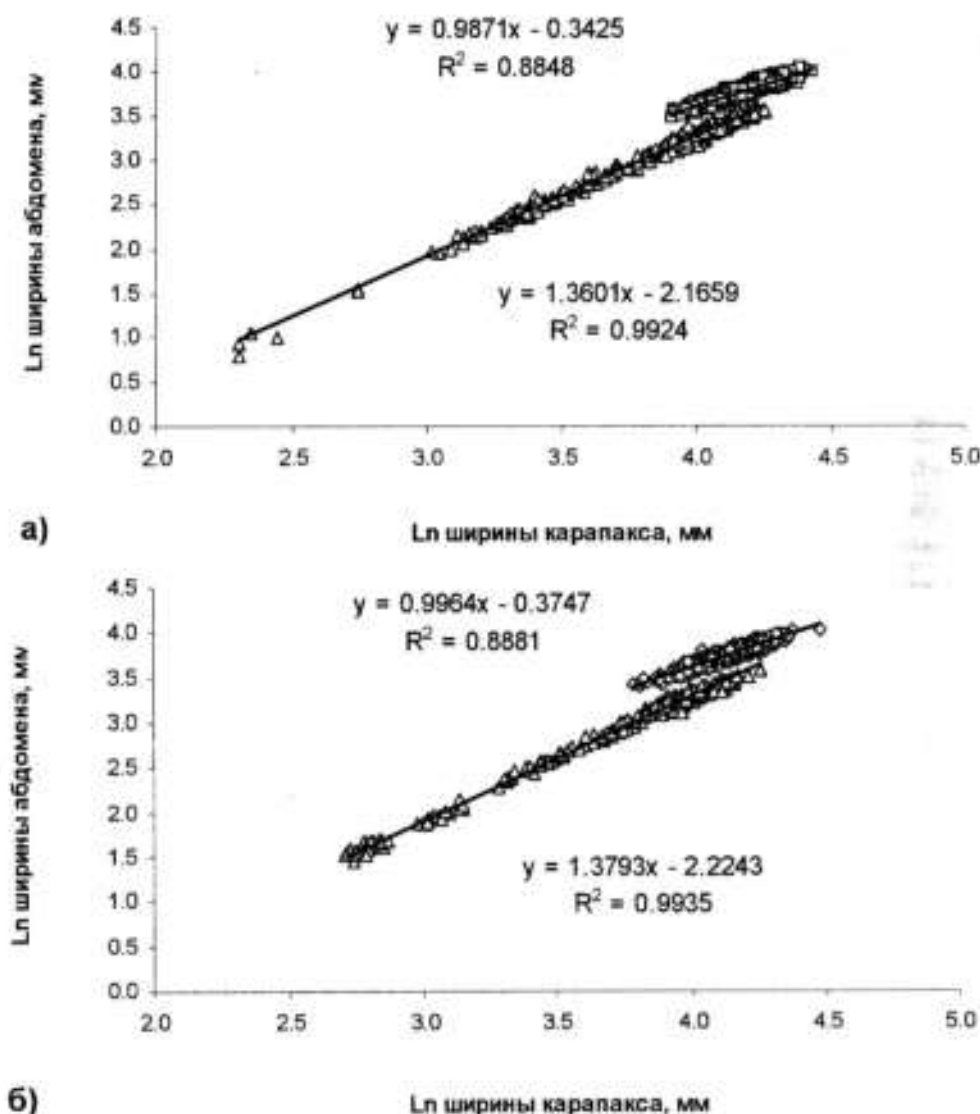


Рис. 3. Зависимость ширины abdomena от ширины карапакса самок краба-стригуна опилио из Притауйского района (а) и залива Шелихова (б). Верхняя группа точек на каждом рисунке представляет собой половозрелых самок, нижняя группа – ювенильных.

Fig. 3. Relationships between the abdomen width (mm) and carapace width (mm) of *C. opilio* females in the Pritauisk region (a) and the Shelikhov Gulf (b). Upper group of marks on each graph corresponds to mature females and lower group of marks corresponds to immature females.

Таблица 2. Коэффициенты корреляций и регрессий уравнений, описывающих зависимость между шириной карапакса и шириной живота самок краба-стригуна опилио из двух районов северной части Охотского моря.

Table 2. Coefficients of correlations and regressions between carapace width and abdomen width in *C. opilio* females from the two areas of the northern part of the Sea of Okhotsk.

Район	Категории самок	Коэффициент корреляции r	Коэффициент регрессии \pm ошибка	N, экз.
Притауйский район	неполовозрелые	0,996	$1,36 \pm 0,001$	362
	половозрелые	0,941	$0,99 \pm 0,003$	1234
Залив Шелихова	неполовозрелые	0,997	$1,38 \pm 0,001$	380
	половозрелые	0,942	$1,00 \pm 0,004$	970

В целом полученные параметры линейных уравнений, аппроксимирующих зависимость ширины живота от ширины карапакса для разных категорий самок из двух районов северной части Охотского моря, имеют близкие значения. Максимальные значения корреляции между шириной живота и шириной карапакса отмечены у неполовозрелых самок Притауйского района ($r=0,996$) и зал. Шелихова ($r=0,997$). Полученные нами коэффициенты линейных уравнений для половозрелых и ювенильных особей самок отличаются от данных, полученных Е.Р. Первеевой (2002) для самок краба-стригуна опилио, обитающих в водах у о. Сахалин. Наибольшее сходство коэффициентов (a , b) линейных уравнений разных категорий самок отмечено для особей, обитающих в зал. Анива.

Селективность ловушек как сэмплера не позволяет в полной мере использовать полученные с помощью них данные для определения размеров половой зрелости крабов-стригунов. В уловах трубачеловных ловушек самки краба-стригуна были в основном представлены особями крупного размера и большинство из них являлись половозрелыми, что не отражает их истинной размерной структуры в популяции, приводя к диспропорции в сторону увеличения доли половозрелых особей. Определение размера половой зрелости целесообразно проводить по данным траловых съемок, которые позволяют получить природное соотношение размерных и функциональных групп.

Для самок, обитающих в двух районах северной части Охотского моря, размер ширины карапакса, при котором более 50% особей достигает половой зрелости, рассчитанный с использованием уравнения Ферхюльста, различался незначительно и составил для Притауйского района 56,6 мм, а для самок из зал. Шелихова – 56,4 мм (рис. 4, табл. 3).

Как видно из вышеприведенных данных, размеры 50%-ной половозрелости самок краба-стригуна опилио из двух районов северной части Охотского моря имеют близкие значения, несмотря на то, что показатели минимальной, максимальной и средней ширины карапакса половозрелых особей самок в траловых уловах из зал. Шелихова были ниже, чем в Притауйском районе (табл. 1).

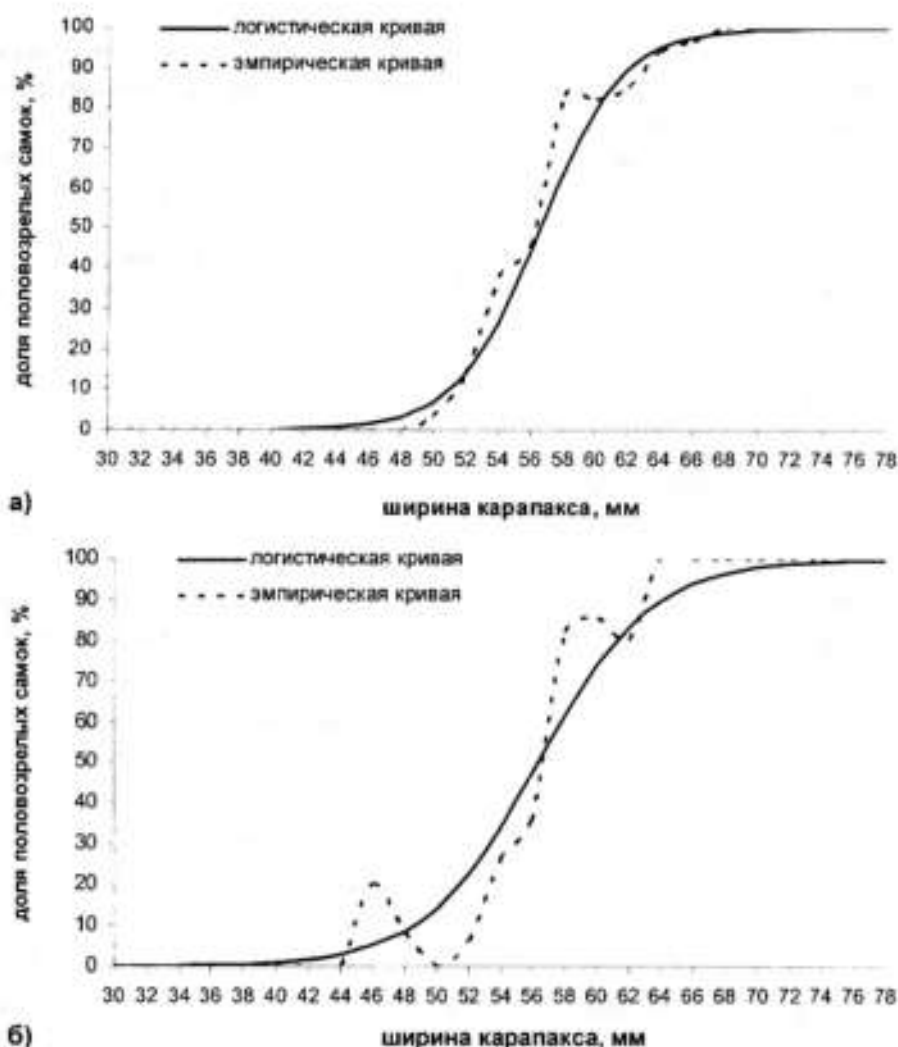


Рис. 4. Изменение доли половозрелых самок краба-стригуна опилю в 2-мм размерных классах, полученных по материалам траловой съемки в Притауйском районе (а) и зал. Шелихова (б).

Fig. 4. Relationships between the share of mature females (%) and their carapace width (mm) in Pritauisk region (a) and the Shelikhov Gulf (b). Dashed line corresponds to empiric data; solid line corresponds to logistic approximation.

Пространственная разобщенность скоплений половозрелых и неполовозрелых самок краба-стригуна опилю и недостаточная репрезентативность полученных материалов по участку сосредоточения половозрелых самок в зал. Шелихова, вследствие его локальности, позволяет предположить, что значение размера 50%-ной половой зрелости самок, обитающих в зал. Шелихова, может быть в действительности несколько ниже, чем было определено по данным траловой съемки. В пользу этого мнения свидетельствуют полученные выше результаты анализа размерного состава самок, в том числе из ловушечных уловов. В частности, минимальный размер половозрелой самки, встреченной нами при выполнении съемки в этом районе, составил 44,0 мм. Кроме того, в работе Б.Г. Иванова и В.И. Соколова (1997) был

отмечен редкий случай поимки самки в зал. Шелихова размером 33 мм, у которой под абдоменом имелась икра. А в дополнение к вышесказанному можно привести также данные 90-х годов XX-го века о том, что в Притауйском районе самки краба-стригуна опилио достигают больших размеров, чем в зал. Шелихова. Так, в 1996 г. при выборке порядка ловушек в координатах $57^{\circ}28'$ с.ш. и $150^{\circ}06'$ в.д. на глубине 290 м была поймана самая крупная самка размером 98 мм.

Широкая изменчивость минимального размера половозрелых самок краба-стригуна опилио и размера карапакса, при котором наблюдается 50% созревание самок, отмечались в разных частях Охотского и Берингова морей (Исупов, 1999; Первеева, 2002). Например, в Анадырском заливе Берингова моря в ходе выполнения съемки с применением трубачеловных ловушек было отмечено уменьшение минимального размера икроносных самок с продвижением от центральной части залива на северо-восток, при этом минимальный размер карапакса икроносной самки составил 25 мм (Исупов, 1999). В работе Е.Р. Первеевой (2002) размеры достижения 50%-ной половой зрелости самок краба-стригуна опилио, обитающих в разных районах присахалинских вод, согласно среднесезонным данным (1988-2001) имели между собой довольно сильные различия. К примеру, для самок из Татарского пролива данное значение составило 67,7 мм, для залива Анива – 54,9 мм, для юго-востока Сахалина 55,1 мм и для северо-востока Сахалина 49,0 мм. Выявленная разница в размерах 50%-ной половозрелости самок, а также в относительном росте абдомена по отношению к ширине карапакса, по мнению Е.Р. Первеевой (2002), связаны с неодинаковым темпом роста в местах обитания крабов.

В наших исследованиях минимальный размер карапакса половозрелой самки в зал. Шелихова составил 44,0 мм (в ловушках), в Притауйском районе – 50,0 мм (в трале и ловушках), тогда как размеры достижения 50%-ной половой зрелости самок краба-стригуна опилио из двух районов северной части Охотского моря, рассчитанные по данным траловой съемки, не имели существенных различий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение размерного состава самок краба-стригуна в двух районах северной части Охотского моря показывает, что в Притауйском районе неполовозрелые и половозрелые самки были крупнее, чем в зал. Шелихова, несмотря на то, что в данной работе максимальные значения ширины их карапакса отмечались именно в зал. Шелихова.

Для неполовозрелых и половозрелых самок краба-стригуна опилио, обитающих в двух районах северной части Охотского моря, характерно наличие тесной корреляции между шириной абдомена и шириной карапакса, а регрессии зависимости ширины карапакса от ширины абдомена у неполовозрелых особей самок имеют достоверные различия ($t_{\text{факт}}=2,27$, $t_{\text{табл}}=1,96$ при $p=0,05$).

При выявленных различиях как по размерному составу разных категорий самок, так и по регрессиям, зависимости ширины карапакса от ширины абдомена

у неполовозрелых особей, размеры 50% половой зрелости самок краба-стригуна опилио из двух районов северной части Охотского моря в целом имели близкие значения, составляя для Притауйского района 56,6 мм, для зал. Шелихова 56,4 мм.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность: С.Л. Марченко за помощь в статистическом анализе данных и А.В. Горничных за качественно собранный материал в период проведения работ по трубачам в 2003-2006 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анохина Л.Е. Закономерности изменения плодовитости рыб. М.: Наука, 1969. 295 с.
- Иванов Б.Г., Соколов В.И. Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea Decapoda Brachyura Majidae) в Охотском и Беринговом морях // *Arthropoda Selecta*. 1997. Т. 6. Вып. 3-4. С. 63-86.
- Исупов В.В. Размер половозрелости самок краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в Анадырском заливе Берингова моря // *Изв. ТИНРО*. 1999. Т. 126. С. 117-119.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО, 2003. 286 с.
- Низяев С.А. Биологическая характеристика глубоководных крабов-стригунов *Chionoecetes angulatus* и *C. tanneri* северных Курильских островов // *Изв. ТИНРО*. 2001. Т. 128. Ч. II. С. 634-643.
- Первеева Е.Р. Размер половозрелости и терминальная линька у самок крабов-стригунов (*Brachyura*, *Majidae*) Сахалина и северных Курильских островов. Сб. Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях: сб. науч. тр. Южно-Сахалинск: Сах. обл. книж. изд-во, 2002. Т. 4. С. 202-211.
- Первеева Е.Р. Особенности полового созревания краба-стригуна опилио (*Brachyura*, *Majidae*) присахалинских вод. Сб. Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях: сб. науч. тр. Южно-Сахалинск: Сах. обл. книж. изд-во, 2006. Т. 8. С. 155-169.
- Conan G., Comeau M. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio* // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1986. V. 43. Pp. 1710-1719.
- Somerton D.A. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1980. V. 37. Pp. 1488-1494.
- Watson J. Maturity, mating, and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio* // *J. Fish. Res. Board Canada*. 1970. V. 27. Pp. 1607-1616.

**PECULARITIES OF *CHIONOECETES OPILIO* FEMALES MATURITY IN
THE NORTHERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK**

© 2008 y. E.A. Metelyov, A.N. Karasyov

Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography, Magadan
The size (carapace width) of 50% maturity was assessed for female snow crabs, *Chionoecetes opilio*, in two regions in the northern part of the Sea of Okhotsk. The carapace width of 50% maturity for females in the Pritauisk region was 56,6 mm and in the Shelikhov Gulf was 56,4 mm. Allometric growth of abdomen in females was analyzed in order to reveal possible differences in growth and maturation in two regions studied. The differences in size between the two regions were not statistically significant. High correlation between abdomen width and carapace width was found in female snow crabs.