

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 591.9:595.384

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ САМЦОВ
НЕКОТОРЫХ ГЛУБОКОВОДНЫХ КРАБОВ-СТРИГУНОВ
САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОГО РЕГИОНА**

© 2014 г. Е. Р. Первеева, С. Д. Букин

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Южно-Сахалинск, 693023
E-mail:perveeva@sakhniro.ru

Поступила в редакцию 18.09.2012 г.

Окончательный вариант получен 29.01.2013 г.

Исследованы (в 2000–2007 гг.) крабы-стригуны *Chionoecetes angulatus* и *C. japonicus* о-ва Сахалин и Курильских островов с целью описания особенностей их полового созревания и изменений в пропорциях клешни и карапакса. Рассчитаны уравнения зависимости высоты клешни от ширины карапакса этих стригунов, оценена достоверность различий параметров регрессии для половозрелых и неполовозрелых самцов по годам для каждого вида и между видами из разных районов сбора.

Ключевые слова: батинальные крабы-стригуны, аллометрия, терминальная линька, широкопалые и узкопалые самцы

ВВЕДЕНИЕ

Репродуктивная биология крабов-стригунов имеет общие особенности (Pereira, 1967; Conan et al., 1989), вызывающие немало сложностей в интерпретации отдельных этапов жизненного цикла и регулирования добычи этих важных в промысловом отношении объектов. Сложность эта обусловлена тем, что в жизненном цикле самцов крабов-стригунов определяют несколько последовательных этапов в процессе достижения ими половозрелости. Определение возраста/размера, при котором особи в популяции становятся половозрелыми, имеет немаловажное значение, поскольку этот показатель служит для установления многих параметров популяции, таких как возраст/размер первого размножения животных, возраст/размер минимальной смертности, а также служит основой для определения промысловой меры.

Довольно давно известно, что самцы крабов-стригунов, у которых определяются зрелые сперматофоры (гонадная или

физиологическая половозрелость), не всегда способны к спариванию. Замечено, что физиологическая и «истинная» функциональная половозрелость (собственно способность к спариванию) не совпадают по времени (Иванов, Соколов, 1997). По этой причине выделяют физиологическую и «морфометрическую» (функциональную) половозрелость. При наступлении функциональной половозрелости изменяются ростовые соотношения между высотой клешни и длиной карапакса (Somerton, Macintosh, 1983; Watters, Hobday, 1998).

Биологический смысл таких изменений заключается в необходимости осуществления результативного полового поведения и в приобретении самцами поведенческих качеств половозрелых особей (Низяев, 2005). Дифференциация клешни происходит в самом конце периода роста крабов, после так называемой терминальной линьки. Таким образом, наступление половой зрелости у самцов крабов-стригунов может определяться по на-

ступившим изменениям в пропорциях клешни относительно линейных размеров тела краба (Conan, Comeau, 1986; Donaldson, 1988). Самцы, не достигшие «морфометрического» созревания, часто не способны захватывать и удерживать самок в течение длительного периода (до 3 нед.) предкопулятивной деятельности и собственно копуляции.

В уловах ловушек всегда значительно преобладают половозрелые самцы, которые в непосредственной близости от приманки, расположенной внутри промысловых ловушек, видимо, подавляют своим присутствием неполовозрелых самцов, в результате чего даже при большинстве последних в ловушки удается проникнуть лишь немногим из них (Hoening, Dawe, 1991).

Наша работа подготовлена с целью описания особенностей полового созревания, зависимостей между размерами клешни и шириной карапакса в процессе созревания глубоководных (батиальных) крабов-стригунов *Chionoecetes japonicus* и *C. angulatus*, обитающих у о-ва Сахалин и Курильских островов по ловушечным и траловым сборам. Она продолжает исследования особенностей полового созревания и аллометрии роста крабов-стригунов Сахалино-Курильского региона (Первеева, 1989, 2000, 2006; Слизкин и др., 2010). Большая часть этих работ посвящена шельфовому крабу-стригуну опилио, для батиальных стригунов эта сторона биологии изучена слабо. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят рассчитать размер половозрелости батиальных крабов-стригунов и оценить его межгодовую динамику.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные для изучения особенностей созревания (в частности, ширина карапакса и высота правой клешни) самцов краба-стригуна ангулятус у восточно-сахалинского побережья собраны за период 2001–2007 гг., японского краба-стригуна у западно-сахалинского — за это же время при проведении мониторинговых исследований крабовыми

ловушками преимущественно в летне-осенний сезон. Материалы по крабу-стригуну ангулятус Южных и Северных Курил получены в сентябре-ноябре 2000 г. при проведении траловой учетной съемки на НИС «Профессор Леванидов». В сборе материала принимали участие преимущественно сотрудники СахНИРО. Районы сбора материала и период проведения работ у о-ва Сахалин и Курильских островов показаны на рис. 1.

Для изучения динамики накопления в популяции особей, претерпевших линьку половозрелости, проводились массовые промеры крабов по ширине карапакса и по высоте клешни. Ширину карапакса измеряли по его наибольшей величине без учета шипов, высоту правой клешни — по наибольшей высоте с точностью до 1 мм. Самцов краба разделяли на широкопалых — «морфометрически» зрелых, и узкопалых — «морфометрически» незрелых особей, хотя признается некоторая условность такой терминологии, поскольку в процессе дифференциации увеличиваются не столько пальцы, сколько вся клешня (Иванов, Соколов, 1997). Используемые в данной работе такие термины, как широкопалые, «морфометрически» зрелые, функционально зрелые, претерпевшие терминальную линьку, являются синонимами узкопалых, «морфометрически» незрелых, функционально незрелых самцов. Подобной терминологии придерживаются и другие исследователи (Михайлов и др., 2003; Карасев, 2004; Слизкин, 2008).

Для разделения «морфометрически» половозрелых и неполовозрелых самцов батиальных крабов-стригунов проанализировано порядка 21 тыс. экз. самцов крабов. Объем собранного материала приведен в табл. 1.

Для более четкого разделения массивов данных был применен логарифмический масштаб. На графике с двумя эллипсоидными «облачками» точек, демонстрирующими две обособленные группы самцов краба, проводили прямую, разделяющую два массива данных. С помощью встроенных функций Microsoft Excel определили коэффициенты a и b линейной функции. Затем все точки были

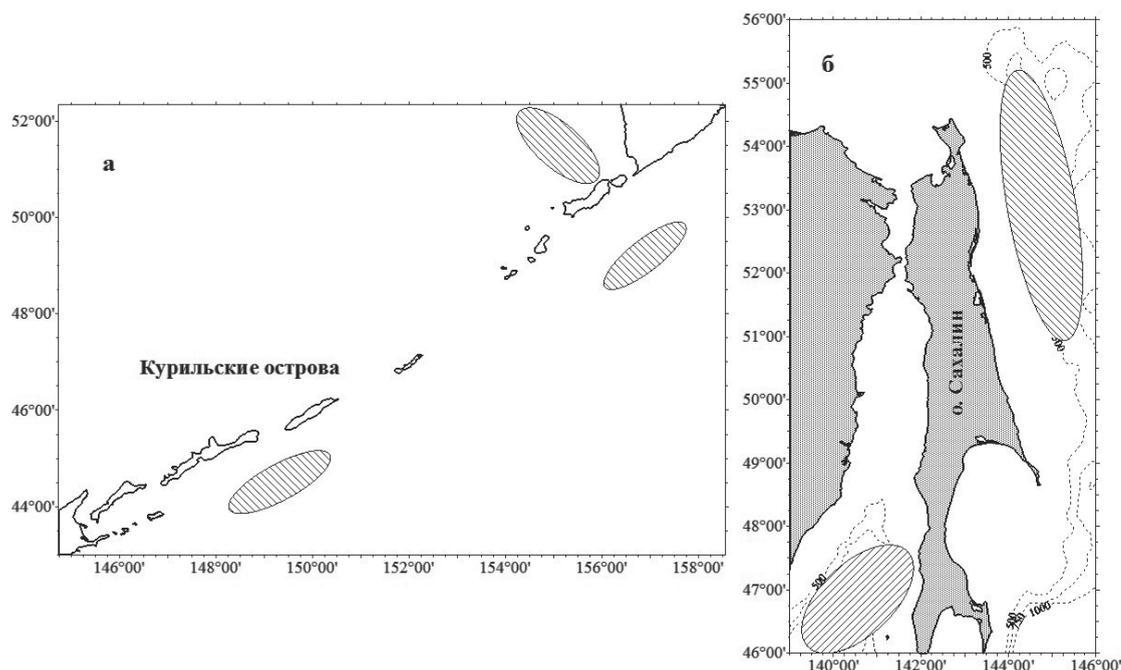


Рис. 1. Схема районов сбора крабов-стригунов ангулятус (▨) и японского (▩) в Сахалино-Курильском регионе: а – 2000 г., трал; б – 2001–2007, ловушки.

Таблица 1. Объем собранного материала в Сахалино-Курильском районе

Вид краба-стригуна	Орудие лова	Год сбора	Район сбора	Число, экз.
Ангулятус	Трал	2000	ЮК	1934
	То же	2000	СК	128
	Ловушки	2001	ВС	241
	То же	2002	ВС	310
	»	2003	ВС	2514
	»	2005	ВС	1371
	»	2006	ВС	1748
	»	2007	ВС	992
	Всего			
Японский	Ловушки	2001	ЗС	300
	То же	2003	ЗС	367
	»	2004	ЗС	4011
	»	2005	ЗС	336
	»	2006	ЗС	4279
	»	2007	ЗС	1955
	Всего			
Итого				20919

Примечание: СК – Северные Курилы, ЮК – Южные Курилы, ВС – Восточный Сахалин, ЗС – Западный Сахалин.

классифицированы на лежащие над разделительной прямой (широкопалые самцы) и под ней (узкопалые самцы). Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам (Лакин, 1990).

Построенные таким образом зависимости позволяют наглядно продемонстрировать существующие особенности аллометрии роста и достижения половозрелости у различных возрастных групп крабов. Для определения параметров связи размеров клешни с размерами карапакса использовали данные дискриминантного анализа морфометрических параметров ангулятуса и японского краба-стригуна. Определяли значения коэффициентов линейной функции, аппроксимирующей связь между шириной карапакса и высотой клешни, и характеризующих функционально зрелых и незрелых самцов. Оценивали достоверность различий параметров регрессии между исследуемыми видами в группах половозрелых и незрелых самцов крабов, в том числе для каждого вида по годам.

В статье приняты следующие сокращения, не считая общепринятых: ШС — широкопалые самцы, УС — узкопалые самцы, W_c — ширина карапакса, H_{ch} — высота клешни, ЗС — Западный Сахалин, ВС — Восточный Сахалин, ЮК — Южные Курилы, СК — Северные Курилы, \ln — натуральный логарифм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К отличительным особенностям линейного роста и созревания крабов-стригунов (как шельфовых, так и батальных) следует отнести весьма интересный феномен «морфометрического» созревания самцов (Conan, Comeau, 1986; Comeau, Conan, 1992; Paul, 1992), который наступает после терминальной (последней) линьки.

На графиках роста клешни самцов глубоководных крабов-стригунов с увеличением размеров тела не имеется точки перегиба, по наличию которой можно легко определить наступление функциональной

половозрелости крабов популяции, как это свойственно, например, литодидам (Низяев, 2005). Именно эта особенность роста и развития крабов-стригунов затрудняет четкое и быстрое разделение половозрелых и неполовозрелых самцов краба на функционально зрелых и незрелых особей по размеру карапакса. Для шельфового краба-стригуна опилио характерна аналогичная аллометрия роста (Первеева, 2006).

Для эффективного разделения функционально, или «морфометрически», незрелых и зрелых самцов ранее было предложено использовать ширину карапакса и высоту клешни как наиболее простые для измерения и информативные признаки (Conan, Comeau, 1986). Для наглядной демонстрации аллометрического роста клешни самцов глубоководных крабов-стригунов с увеличением линейных размеров в процессе созревания построили графики, откладывая на оси ординат натуральный логарифм (\ln) высоты клешни, а по оси абсцисс — логарифм ширины карапакса.

Зависимости высоты клешни от ширины карапакса самцов японского стригуна и ангулятуса Западного, Восточного Сахалина, Южных и Северных Курил, рассчитанные по измерениям крабов из траловых и ловушечных уловов, показаны на рис. 2, 3. Параметры регрессии для каждого года исследований будут приведены ниже.

Рассчитаны уравнения регрессии высоты клешни и ширины карапакса. Для стригуна ангулятуса они имеют вид:

$$y = 1,380x - 3,461, r^2 = 0,952 \text{ (ШС)},$$

$$y = 1,558x - 4,515, r^2 = 0,843 \text{ (УС)}.$$

Аналогичные зависимости для японского краба-стригуна следующие:

$$y = 1,422x - 3,613, r^2 = 0,846 \text{ (ШС)},$$

$$y = 1,319x - 3,481, r^2 = 0,928 \text{ (УС)},$$

где y — \ln высоты клешни, x — \ln ширины карапакса, r^2 — коэффициент вариации.

Иллюстрации отчетливо демонстрируют разделение поля данных на две части. Очевидно, что верхний массив данных — это «морфометрически» зрелые самцы (ШС), нижний — незрелые (УС). При этом оба поля

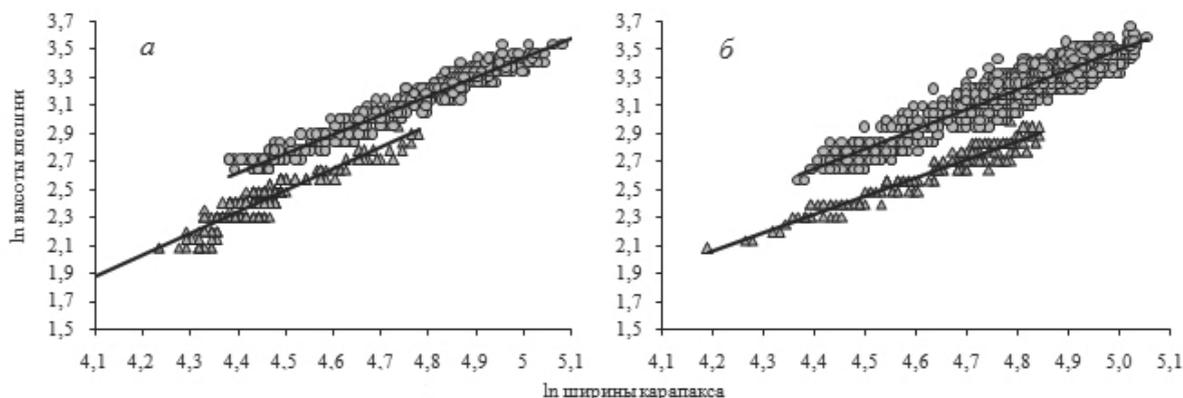


Рис. 2. Соотношение высоты клешни и ширины карапакса у самцов краба-стригуна ангулятус (а, Восточный Сахалин) и японского краба-стригуна (б, Западный Сахалин) в 2007 г. (ловушки); здесь и на рис. 3 самцы: (●) — «морфометрически» зрелые, ШС, (▲) — незрелые, УС.

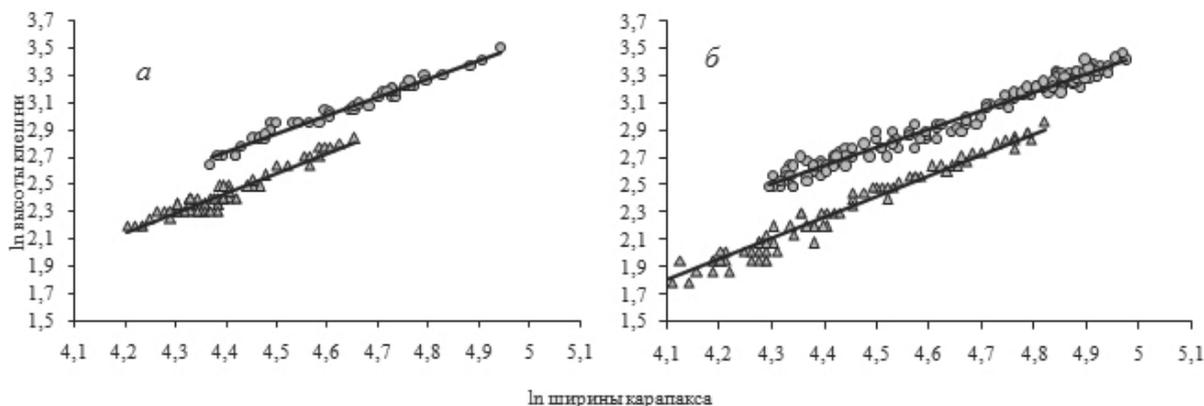


Рис. 3. Соотношение высоты клешни и ширины карапакса у самцов краба-стригуна ангулятус Южных (а) и Северных Курил (б) в 2000 г. (трал).

практически параллельны (в логарифмическом масштабе), кроме того, проекции двух облаков на ось логарифма ширины карапакса накладываются одна на другую (рис. 2, 3).

Для стригуна ангулятус Южных Курил уравнения регрессии высоты клешни и ширины карапакса имеют вид:

$$y = 1,350x - 3,204, r^2 = 0,976 \text{ (ШС)},$$

$$y = 1,481x - 4,085, r^2 = 0,906 \text{ (УС)}.$$

Аналогичные зависимости для краба-стригуна ангулятус Северных Курил следующие:

$$y = 1,357x - 3,333, r^2 = 0,973 \text{ (ШС)},$$

$$y = 1,526x - 4,447, r^2 = 0,980 \text{ (УС)},$$

где y — \ln высоты клешни, x — \ln ширины карапакса, r^2 — коэффициент вариации.

Широкопалые самцы батинальных крабов-стригунов существенно крупнее узкопалых, при этом их размеры могут перекрываться в широком диапазоне от 80 до 130 мм по ширине панциря. Размерная структура японского стригуна и ангулятуса сахалинских вод показана на рис. 4. Для двух разных видов крабов-стригунов, обитающих в разных морях, размерный состав половозрелых и неполовозрелых самцов оказался весьма сходным, что косвенно свидетельствует об общих для них законо-

мерностях линейного роста и полового созревания.

Следует отметить, что в ловушках практически всегда доминируют половозрелые самцы с дифференцированной клешней, что отмечали в разных частях ареала для шельфовых и глубоководных крабов-стригунов многие исследователи (Иванов, Соколов, 1997; Михайлов и др., 2003; Карасев, 2004; Первеева, 2006, 2010; Слизкин, 2008).

Иной может быть ситуация, когда большеразмерные широкопалые самцы переловлены на конкретных промысловых участках, и тогда освободившуюся нишу могут занимать узкопалые крабы. Подоб-

ное наблюдали промысловики на лове краба-стригуна ангулятуса у Восточного Сахалина в 2007 г. и японского краба-стригуна у Западного Сахалина в 2002 г., что продемонстрировано на рис. 5. Интересно, что суммарный вылов крабов, по данным ИС «Рыболовство», в эти годы превышал таковой в предшествующие: ангулятуса — в 2,4 раза, японского — в 5,4 раза. По нашим данным, в траловых уловах у Южных и Северных Курильских островов преобладали неполовозрелые особи ангулятуса — 63 и 59% соответственно от суммарных уловов самцов крабов. У восточно-сахалинского побережья острова за весь период исследований количе-



Рис. 4. Размерный состав узкопалых (УС) и широкопалых (ШС) самцов крабов-стригунов ангулятуса и японского Восточного и Западного Сахалина.

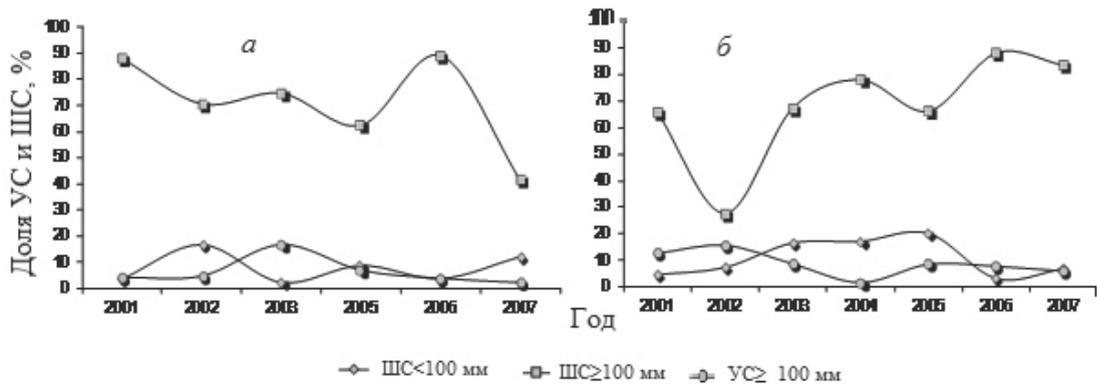


Рис. 5. Годовая динамика соотношения узкопалых (УС) и широкопалых (ШС) самцов краба-стригуна ангулятуса Восточного Сахалина (а) и японского краба-стригуна Западного Сахалина (б) за период 2001–2007 гг. (в сумме — менее 100%). Не показаны узкопалые самцы непромыслового размера.

ство широкопалых самцов стригуна ангулятус достигало 71–93% от общего количества в уловах ловушек, а узкопалых — от 7 до 29%. Исключение составляют данные 2007 г. по ангулятусу Восточного Сахалина (41,5% широкопалых — существенно меньше, чем в прочие годы). Тогда почти половина станций была выполнена на глубинах до 900 м, где доля самцов меньшего размера (в среднем ширина карапакса 117 мм) и, соответственно, неполовозрелых выше, чем на глубинах от 900 до 1200 м (в среднем 122 мм).

Для самцов японского краба-стригуна, обитающего у Западного Сахалина, за тот же период времени отмечена аналогичная картина. Здесь «морфометрически» зрелых самцов в ловушечных уловах было от 70 до 95%, а неполовозрелых — от 5 до 30%.

Считается, что между неполовозрелыми и половозрелыми самцами крабов-стригунов существует внутривидовая конкуренция (Hoenig, Dawe, 1991). По этой причине есть дисбаланс в соотношении этих групп крабов в активных (трал) и пассивных (ловушки) орудиях лова. Следовательно, при исследованиях полового созревания стригунов предпочтительнее опираться на размерный состав самцов из траловых уловов, который тем не менее достоверно отражает лишь соотношение особей средних и старших размерных классов, а по отношению к молодежи также проявляет определенную селективность (Низяев и др., 2006). Однако, учитывая почти полное отсутствие траловых данных для глубоководных крабов-стригунов, мы вынуждены использовать материалы ловушечных сборов.

Для описания линейной зависимости размеров клешни (L_p высоты) от линейных размеров крабов (L_p ширины панциря) использовали данные морфометрического анализа самцов крабов из ловушечных уловов, за исключением Южных и Северных Курил. Далее для двух разделенных массивов данных рассчитали параметры уравнений, аппроксимирующих связь между шириной карапакса и высотой клешни неполовозре-

лых и половозрелых самцов глубоководных стригунов (табл. 2).

Как уже отмечалось, для глубоководных крабов-стригунов, как и для шельфовых (Первеева, 2006), характерен неравномерный рост отдельных частей тела в процессе полового созревания, в частности клешни. Как видно из табл. 2, в уравнениях регрессии коэффициент b всегда отличен от 1, следовательно, рост клешни является не изометрическим, а аллометрическим.

Для того чтобы оценить наличие или отсутствие различий между параметрами линейных регрессий, последние сравнивали в соответствии со стандартными статистическими методиками, рекомендованными в соответствующей литературе (Лакин, 1990). Сначала оценивали достоверность различий между неполовозрелыми и половозрелыми самцами крабов каждого вида в пределах исследуемых районов для каждого года в отдельности. Установлено, что для неполовозрелых и половозрелых самцов японского стригуна и ангулятуса различия достоверны для коэффициента a во всех рассматриваемых случаях (табл. 3).

Различия дисперсий незначимы только для краба-стригуна ангулятус Восточного Сахалина (2007 г.) и Северных Курил, т. е. для двух случаев из 15. Отметим, что весьма часто значимо не различаются коэффициенты линейных регрессий b — в 11 случаях из 15.

На графиках зависимости высоты клешни от ширины карапакса точки перегиба нет, следовательно, коэффициент b указанных регрессий для неполовозрелых и половозрелых самцов в процессе полового созревания должен оставаться примерно одинаковым. Облака точек для неполовозрелых и половозрелых самцов приблизительно параллельны (рис. 2, 3), о чем и свидетельствуют полученные для всех сравниваемых пар достоверность различий параметра a и недостоверность для большинства пар сравнений параметра b (табл. 3).

Сравнивали также регрессии, оценивая различия между неполовозрелыми

ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

Таблица 2. Коэффициенты уравнений регрессий*, описывающих зависимости между шириной карапакса ($\text{Ln}W_c$) и высотой клешни ($\text{Ln}H_{ch}$) самцов батимальных крабов-стригунов Сахалино-Курильского района

Год сбора	Район сбора	a	$\pm a$	b	$\pm b$	r	$\pm r$	N , экз.
Ангулятус, неполовозрелые особи								
2000	ЮК	-4.085	0.235	1.481	0.054	0.952	0.046	81
2000	СК	-4.446	0.097	1.526	0.022	0.990	0.063	94
2001	ВС	-3.086	0.114	1.248	0.025	0.970	0.046	162
2002	ВС	-2.846	0.166	1.191	0.037	0.983	0.039	39
2003	ВС	-4.212	0.107	1.444	0.023	0.934	0.065	579
2005	ВС	-4.076	0.110	1.466	0.024	0.950	0.056	395
2006	ВС	-3.730	0.137	1.368	0.030	0.972	0.038	124
2007	ВС	-4.515	0.140	1.558	0.032	0.918	0.053	459
Ангулятус, половозрелые особи								
2000	ЮК	-3.204	0.147	1.350	0.032	0.988	0.032	47
2000	СК	-3.333	0.088	1.357	0.019	0.986	0.048	147
2001	ВС	-3.494	0.059	1.392	0.012	0.939	0.055	1772
2002	ВС	-3.404	0.084	1.370	0.017	0.979	0.052	271
2003	ВС	-3.325	0.063	1.331	0.013	0.920	0.059	1935
2005	ВС	-4.114	0.078	1.533	0.016	0.949	0.054	976
2006	ВС	-3.936	0.059	1.477	0.012	0.950	0.059	1624
2007	ВС	-3.461	0.064	1.380	0.014	0.976	0.053	533
Японский, неполовозрелые особи								
2001	ЗС	-3.942	0.238	1.415	0.052	0.946	0.048	89
2002	ЗС	-3.975	0.150	1.408	0.033	0.929	0.092	282
2003	ЗС	-4.746	0.120	1.597	0.026	0.992	0.032	59
2004	ЗС	-3.216	0.140	1.255	0.031	0.946	0.054	198
2005	ЗС	-3.529	0.201	1.350	0.043	0.978	0.044	46
2006	ЗС	-4.034	0.136	1.453	0.029	0.933	0.058	377
2007	ЗС	-3.481	0.125	1.319	0.027	0.963	0.054	189
Японский, половозрелые особи								
2001	ЗС	-3.177	0.133	1.319	0.028	0.957	0.050	211
2002	ЗС	-2.879	0.147	1.254	0.031	0.958	0.060	151
2003	ЗС	-3.961	0.115	1.487	0.024	0.962	0.073	308
2004	ЗС	-3.259	0.034	1.338	0.007	0.950	0.056	3813
2005	ЗС	-3.477	0.078	1.405	0.016	0.981	0.046	290
2006	ЗС	-3.172	0.042	1.343	0.009	0.927	0.054	3902
2007	ЗС	-3.613	0.070	1.422	0.014	0.920	0.073	1766

Примечание: *линейная регрессия вида $\text{Ln}(H_{ch}) = a + b \times \text{Ln}(W_c)$; ВС – Восточный Сахалин, ЗС – Западный Сахалин, ЮК – Южные Курилы, СК – Северные Курилы.

крабами по видам и районам и аналогично — между половозрелыми (табл. 4). В данном случае сравнивали данные за 2000 (Курилы) и 2001 гг. (Восточный и Западный Сахалин). При оценке достоверности различий регрессий для половозрелых и неполовозрелых самцов по видам в каждом из районов получили, что различия коэффициента a значимы практически для всех рассматриваемых случаев (11 из 12).

Значимы и различия для дисперсий для 11 пар из 12. Что касается коэффициента b , достоверные различия получены только для неполовозрелых самцов стригуна ангулятуса Восточного Сахалина и Северных Курильских островов, Восточного Сахалина и Южных Курил, а также ангулятуса

Восточного Сахалина и японского стригуна Западного Сахалина. Для половозрелых особей во всех случаях различия в коэффициентах b линейной регрессии незначимы. В результате проведенных исследований за период с 2000 по 2007 гг. у берегов о-ва Сахалин и Курильских островов доказано наличие аллометрии роста по высоте клешни у самцов батимальных крабов-стригунов (рис. 2, 3; табл. 2).

Очевидно, в процессе роста и развития крабов пропорции их тела должны адаптивно изменяться. Клешненоносные конечности самцов крабов играют важную роль во внутривидовых конкурентных отношениях, в особенности в предкопулятивный период при удержании аттрактивной самки.

Таблица 3. Оценка достоверности различий линейных регрессий узкопалых и широкопалых самцов батимальных крабов-стригунов Сахалино-Курильского района (уровень значимости 0.95)

Год сбора	Критерий оценки					Достоверность различий $S/a/b$
	$F_{\text{факт.-}S}$	$F_{\text{критич.}}$	$t_{\text{факт.-}a}$	$t_{\text{факт.-}b}$	$t_{\text{критич.}}$	
Японский краб-стригун, Западный Сахалин						
2001	2,570	1,362	11,160	1,200	1,968	+ / + / -
2002	4,452	1,273	10,002	2,463	1,966	+ / + / +
2003	26,502	1,434	9,932	0,872	1,967	+ / + / -
2004	20,850	1,195	3,559	0,608	1,961	+ / + / -
2005	6,882	1,507	2,831	0,508	1,967	+ / + / -
2006	8,946	1,138	10,841	1,318	1,961	+ / + / -
2007	16,823	1,205	3,460	0,972	1,961	+ / + / -
Ангулятус, Восточный Сахалин						
2001	15,716	1,223	5,686	1,510	1,961	+ / + / -
2002	12,484	1,567	8,680	1,445	1,968	+ / + / -
2003	2,792	1,119	10,125	3,006	1,961	+ / + / +
2005	2,240	1,152	2,498	1,823	1,962	+ / + / -
2006	31,815	1,260	2,929	0,672	1,961	+ / + / -
2007	1,143	1,161	14,074	5,049	1,962	- / + / +
Ангулятус, Южные Курилы						
2000	3,467	1,574	15,856	1,910	1,979	+ / + / -
Ангулятус, Северные Курилы						
2000	1,126	1,357	14,160	5,822	1,970	- / + / +

Примечание здесь и в табл. 4: S — дисперсия; a , b — коэффициенты регрессии; «+», «-» — различия достоверны и недостоверны соответственно.

Другими словами, благодаря дифференциации роста отдельных частей тела краба в процессе полового созревания достигается наибольший репродуктивный успех. Такая характеристика для самцов, как раз- мер клешни, являясь вторичным половым признаком, может наилучшим образом служить индикатором полового созревания как шельфовых (Первеева, 2006), так и батиальных крабов-стригунов.

Таблица 4. Оценка достоверности различий линейных регрессий «морфометрически» незрелых и зрелых самцов батиальных крабов-стригунов по видам и районам (уровень значимости 0.95)

Вид краба-стригуна и район сбора	Критерий оценки					Достоверность различий S/a/b
	$F_{\text{факт.-S}}$	$F_{\text{критич.}}$	$t_{\text{факт.-a}}$	$t_{\text{факт.-b}}$	$t_{\text{критич.}}$	
Неполовозрелые						
Ангулятус СК – ангулятус ЮК	2.204	1.436	4.672	0.621	1.974	+ / + / -
Ангулятус СК – ангулятус ВС	1.091	1.348	17.509	8.344	1.969	- / + / +
Ангулятус СК – японский ЗС	1.850	1.420	6.417	1.691	1.973	+ / + / -
Ангулятус ЮК – ангулятус ВС	2.020	1.393	15.462	3.188	1.970	+ / + / +
Ангулятус ЮК – японский ЗС	1.192	1.441	2.170	0.880	1.974	- / + / -
Ангулятус ВС – японский ЗС	1.695	1.377	12.981	2.501	1.970	+ / + / +
Половозрелые						
Ангулятус СК – ангулятус ЮК	6.791	1.529	2.270	0.100	1.973	+ / + / -
Ангулятус СК – ангулятус ВС	16.210	1.235	2.206	0.463	1.961	+ / + / -
Ангулятус СК – японский ЗС	1.564	1.291	2.279	1.145	1.967	+ / + / -
Ангулятус ЮК – ангулятус ВС	110.0	1.475	4.554	0.127	1.961	+ / + / -
Ангулятус ЮК – японский ЗС	10.619	1.512	0.449	0.315	1.969	+ / - / -
Ангулятус ВС – японский ЗС	10.366	1.194	4.272	0.848	1.961	+ / + / -

Примечание: обозначения см. в табл. 2, 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для батиальных крабов-стригунов *S. angulatus* и *S. japonicus*, как и для других крабов-стригунов, характерны явные достоверные изменения пропорций отдельных признаков (в нашем случае высоты клешни) относительно линейных размеров панциря в процессе полового созревания, когда происходит дифференциация клешни.

Биологический смысл изменения уровня аллометрии роста клешни относительно карапакса состоит в необходимости достижения наибольшего репродуктивного успеха при осуществлении полового поведения самцов крабов. Учитывая поэтапное половое созревание крабов-стригунов (физиологическая половоз-

релость, терминальная линька, дифференциация клешни, «морфометрическая» половозрелость), такой признак, как отношение высоты клешни самцов к ширине карапакса, может наилучшим образом служить индикатором функционального созревания стригунов, являясь вторичным половым признаком.

Дифференциация клешни у самцов батиальных стригунов, как и у шельфовых, графически представляет собой разделение массива данных на два широко перекрывающихся поля точек, расположенных друг над другом. Разделение этих полей данных, относящихся к половозрелым и неполовозрелым особям, позволило получить для них уравнения зависимости высоты клешни от размеров

карапакса и оценить достоверность различий параметров регрессии между исследуемыми видами, для каждого вида по годам в группах половозрелых и неполовозрелых самцов.

В разные годы исследований различия достоверны для коэффициента a между неполовозрелыми и половозрелыми самцами обоих видов крабов во всех рассматриваемых случаях. Часто значимо не различались коэффициенты линейных регрессий b — в 11 случаях из 15.

Сравнивали параметры регрессии для неполовозрелых крабов между видами и районами их местообитания и аналогично — для половозрелых. При оценке достоверности различий регрессий для широкопалых и узкопалых самцов по видам в каждом из районов получили, что различия коэффициента a значимы почти для всех рассматриваемых случаев (11 из 12). Что касается коэффициента b , достоверные различия получены для неполовозрелых самцов стригуна ангулятуса Восточного Сахалина и Северных Курильских островов, Восточного Сахалина и Южных Курил, а также ангулятуса Восточного Сахалина и японского стригуна Западного Сахалина. Для половозрелых особей во всех случаях различия в коэффициентах b линейной регрессии были недостоверными.

Для японского краба-стригуна и ангулятуса, обитающих в разных морях, размерный состав половозрелых и неполовозрелых самцов оказался весьма сходным, что косвенно свидетельствует об общих для них закономерностях линейного роста и полового созревания. В ловушечных уловах всегда доминировали широкопалые самцы (ангулятус Восточного Сахалина и японский стригун Западного Сахалина), в траловых — узкопалые (ангулятус Южных и Северных Курил).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванов, Б.Г., Соколов В.И. Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majidae) в Охотском и Беринговом морях // *Arthropoda Selecta*. 1997. №6 (3/4). С. 63–86.

Карасев А.Н. Проблемы прогнозирования величины запасов краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* (*O. fabricius*) на основе данных ловушечных съемок // Тез. докл. V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 219–221.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 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. 284 с.

Низяев С.А., Букин С.Д., Клинтин А.К. и др. Пособие по изучению ракообразных Дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. 114 с.

Первеева Е.Р. Особенности линейного роста самцов краба-стригуна опилио северо-восточного Сахалина, заливов Анива и Терпения // Тез. докл. IV регион. конф. «Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана». Владивосток, 1989. С. 39–40.

Первеева Е.Р. Терминальная линька и аллометрия клешни у самцов стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) // Тез. докл. II обл. науч.-практ. конф. «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 88–90.

Первеева Е.Р. Особенности полового созревания краба-стригуна опилио (*Brachyura*, *Majidae*) присахалинских вод. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях // Тр. СахНИРО. 2006. Т. 8. С.155–169.

Слизкин А.Г. Некоторые черты биологии и проблемы рационального использования глубоководного краба-стригуна *Chionoecetes japonicus*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Владивосток, ТИНРО-центр, 2008. 23 с.

- Слизкин А.Г., Федотов П.А., Деминов А.Н., Первеева Е.Р. К оценке промысловых запасов и возможного вылова краба-стригуна ангулятус *Chionoecetes angulatus* в водах восточного Сахалина // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 163. С. 214–223.
- Comeau M., Conan G.Y. Morthometry and gonadal maturity of male snow crab *Chionoecetes opilio* // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1992. V. 549. P. 2460–2468.
- Conan G.Y., Comeau M. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio* // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1986. V. 43. P. 1710–1719.
- Conan G.Y., Elnor W., Morigasu M. Review of literature on life histories in the genus *Chionoecetes* in light of the recent findings on growth and maturity of *C. opilio* in eastern Canada // Proc. Internat. Symp. King and Tanner Crabs. Fairbanks: Univ. Alaska Sea, 1989. P. 163–179.
- Donaldson W. Growth of males after reaching sexual maturity in the genus *Chionoecetes* // Proc. Internat. Workshop on snow crab biol. Montreal, Quebec: Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci., 1988. P. 100–120.
- Hoenig J.M., Dawe E.G. Relative selectivity of four sampling methods using traps and trawls for male snow crabs. CAFSAC Res. Doc. 91/32. 1991. 17 p.
- Paul A.J. A review of size at maturity in male tanner (*Chionoecetes bairdi*) and king (*Paralithodes camtschaticus*) crabs and methods used to determine maturity // Am. Zoologist. 1992. V. 32. № 3. P. 534–540.
- Pereira W.T. Distribution of juvenile Tanner crab *Chionoecetes tanneri* Rathbun, life history model, and fisheries management // Proc. Nat. Shellfish. Assoc. 1967. V. 58. P. 66–70.
- Somerton D.A., Macintosh R.A. The size at sexual maturity of blue king crab, *Paralithodes platypus*, in Alaska // Fishery Bulletin [NOAA]. 1983. V. 81. № 3. P. 621–628.
- Watters G., Hobday A. A new method for estimating the morthometric size of maturity of crabs // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1998. V. 55. P. 704–714.

MATURATION OF MALES IN SOME SPECIES OF DEEP-WATER SNOW CRABS IN THE SAKHALIN-RURIL AREA

© 2014 y. E. R. Perveeva, S. D. Bukin

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, 693023, Yuzhno-Sakhalinsk

The objects for study are Snow crabs *Chionoecetes angulatus* and *C. japonicus* inhabiting the waters of Sakhalin and Kuril Islands. The data were collected in 2000–2007. The purpose of the work was to describe particular features of maturity and dependences between chela size and carapace width during maturation. The curve parameters of chela height-carapace width dependence are calculated for males of both crab species, certainty of differences of regression parameters for mature and immature males is estimated by years for each species and between species from different sampling areas.

Keywords: *Chionoecetes angulatus*, *Chionoecetes japonicus*, allometry; terminal molt, immature and mature males, wide- and narrow-dactyl males.