

УДК 595.384(268.45)

А.Г. Дворецкий, В.Г. Дворецкий*

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В ГУБЕ ДОЛГОЙ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

В губе Долгой, типичном фьорде Баренцева моря, в летний период 2005–2006 гг. проводили исследование биологии камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на основе данных водолазных сборов (глубины 5–35 м) и ловушечной съемки (глубина 90 м). Самцы и самки камчатского краба были представлены примерно в равной степени. На мелководье преобладали небольшие крабы с модальной шириной карапакса (ШК) 15 мм. На глубине 90 м были пойманы только особи с ШК > 50 мм, что связано с селективностью орудия лова. Размер 50 %-ной морфометрической половозрелости самок составил 104,2 мм по длине карапакса, что соответствует ШК 112,9 мм. Общий уровень травматизма конечностей составил 46,8 %, расчетная численность — 30 ± 15 тыс. экз. Общая экстенсивность заселения камчатских крабов симбионтами и обрастателями — 47,10 %. Наиболее часто на крабах встречали усоногого рака *Balanus crenatus*, амфиподу *Ischyrocerus commensalis* и двустворчатого моллюска *Mytilus edulis*. В гемолимфе камчатского краба обнаружены два гормона линьки: 20-гидроксиэкдизон (20E) и экдизон (E), их концентрация составила соответственно 0,50–44,50 и 0,03–13,40 мкг/мл. Полученные данные могут быть использованы при мониторинге изменения состояния окружающей среды в губе Долгой в результате планируемого строительства приливной электростанции.

Ключевые слова: камчатский краб, Баренцево море, губа Долгая, комплексные исследования.

Dvoretzky A.G., Dvoretzky V.G. Biological studies of the red king crab in the Dolgaya Bay (Barents Sea) // *Izv. TINRO.* — 2010. — Vol. 160. — P. 44–56.

Some aspects of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* biology were investigated in the Dolgaya Bay, a typical fjord of the Barents Sea, in summer of 2005–2006. The samples were collected by SCUBA diving from the depths 5–35 m and from bottom traps mounted at the depth 90 m. The male and female crabs were presented in equal proportion. Small crabs with the modal carapace width (CW) 15 mm dominated in the shallow water, but large specimens only with CW > 50 mm were caught by traps because of their selectivity. The size of females 50 % morphometric maturity is estimated as CW 112.9 mm. The level of limb autotomy was 46.8 %. Total stock of the crab in the Bay is estimated as 30000 ± 15000 specimens. Symbiotic and fouling organisms were observed on 47.1 % of the crabs, they were mostly the barnacle *Balanus crenatus*, the amphipod *Ischyrocerus commensalis*, and the blue mussel *Mytilus edulis*. Two ecdysteroid hormones, i.e. 20-hydroxyecdysone and

* Дворецкий Александр Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vdvoretzkiy@mmbi.info; Дворецкий Владимир Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vdvoretzkiy@mmbi.info.

ecdysone, were found in hemolymph of the crabs in concentrations of 0.50–44.50 mg/ml and 0.03–13.40 mg/ml, respectively. The data on biological conditions of the crab can be used as a base for monitoring of aquatic environments in the Dolgaya Bay during planned building of a tidal power station.

Key words: red king crab, Barents Sea, Dolgaya Bay, biological analysis.

Введение

Распределение камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) в Баренцевом море изучено достаточно полно (Кузьмин, Гудимова, 2002; Камчатский краб ..., 2003), однако сведений о его распространении на относительно небольших глубинах (до 40 м) в губах и заливах очень немного (Соколов, Милютин, 2006а). Вместе с тем именно на этих глубинах держатся особи некоторых размерно-возрастных групп камчатского краба, которые не попадают в активные или пассивные орудия учета, традиционно используемые для оценки численности.

Данные по размерному составу и количеству особей на той или иной акватории до недавнего времени получали только при проведении траловых съемок или при работах с помощью специализированных крабовых ловушек. Траловые исследования проводят исключительно на глубинах более 70 м, что обусловлено расположением каменистых грунтов в прибрежной зоне Баренцева моря и сложным рельефом дна. Особенностью ловушек является известная половая и размерная селективность отлова (Переладов, 2009).

Губа Долгая — относительно небольшой фьорд Восточного Мурмана Баренцева моря. Эта акватория была выбрана для строительства приливной электростанции. Известно (Гудимов, Денисов, 2009), что многие популяционные показатели массовых видов гидробионтов могут быть использованы для биологической индикации состояния окружающей среды. С этой точки зрения исследования камчатского краба на акватории, где подобные работы не проводились, приобретают особый интерес.

Целью работы было изучение некоторых аспектов популяционной биологии камчатского краба в губе Долгой.

Материалы и методы

Исследования биологии камчатского краба в губе Долгой (рис. 1) проводились в летний период (август) 2005 и 2006 гг. Отлов крабов осуществляли при помощи водолазов с глубин 5–35 м. В 2006 г. был также использован ловушечный метод: три донные ставные ловушки с сельдью в качестве приманки были установлены на глубинах 88–90 м (время застоя 22–24 ч).

Биологический анализ крабов проводился по стандартной методике (Руководство ..., 1979), он включал в себя измерение ширины и длины карапакса, длины и высоты меруса третьего правого перепопода, длины и высоты клешни краба (при помощи штангенциркуля с точностью 0,1 мм), определение массы (при помощи электронных весов с точностью до 0,01 г), определение пола (по форме абдомена). Половозрелыми считали крабов с шириной карапакса (ШК) более 100 мм (Соколов, Милютин, 2006а).

Достоверность отклонений в соотношении полов камчатского краба от теоретического уровня 1 : 1 проверяли при помощи критерия χ^2 (Лакин, 1990). Достоверными считались различия при уровне значимости $p < 0,05$.

При обработке данных определяли стандартные статистические показатели выборки — среднее, стандартная ошибка, стандартное отклонение. ШК самцов и самок сравнивали при помощи непараметрического теста Крускала-Уоллиса, поскольку распределение данных отличалось от нормального. Размерно-весовые зависимости определяли только для особей, имеющих полный набор конечностей. Определение размера наступления 50 %-ной морфометрической половозре-

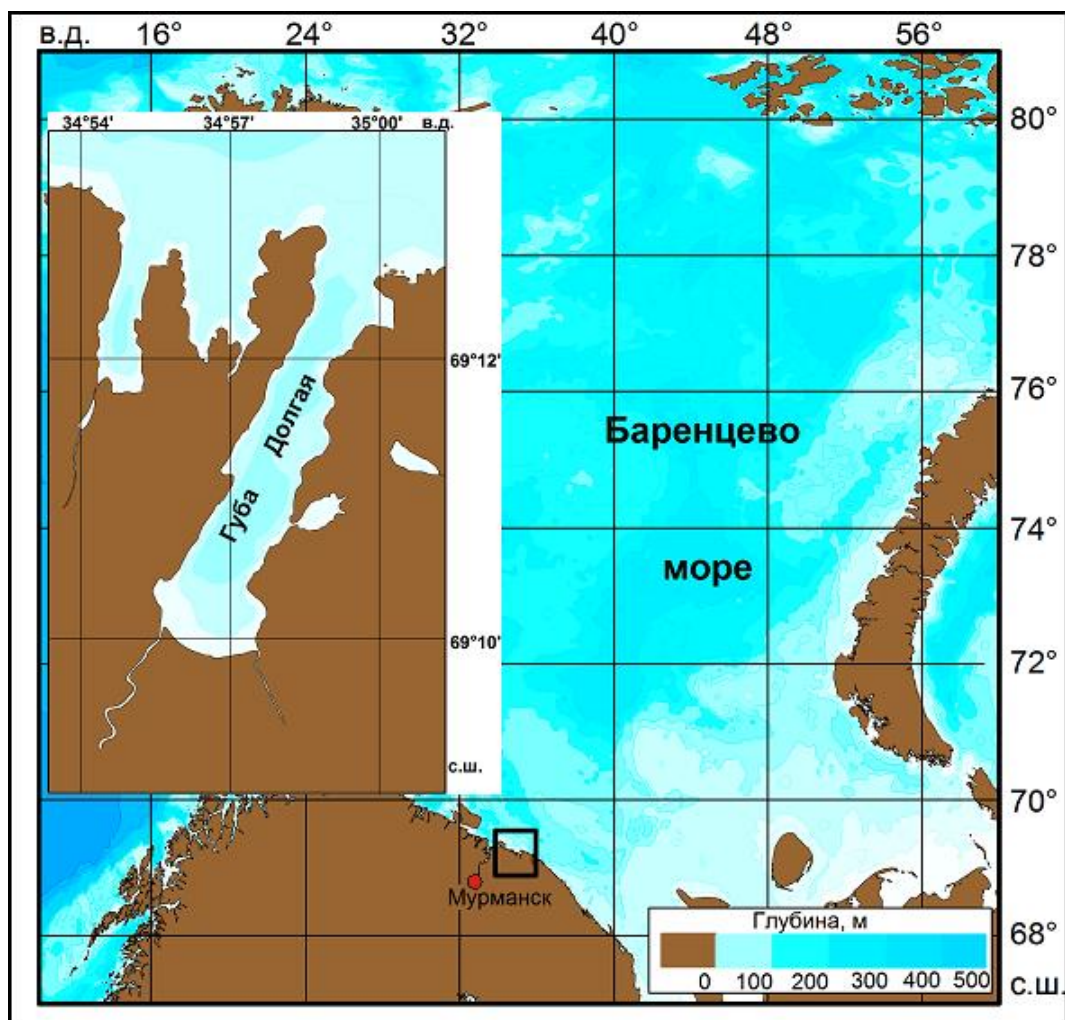


Рис. 1. Район проведения работ, губа Долгая Баренцева моря
 Fig. 1. Area of investigation: the Dolgaya Bay of the Barents Sea

лости самок (длина карапакса (ДК), при которой 50 % самок несут наружную икру, SM50) рассчитывали из параметров логистического уравнения распределения доли икрных самок в зависимости от их размеров.

Уровень травматизма конечностей определяли как отношение количества крабов, имевших повреждения ног (отсутствующие или восстановленные конечности), к общему числу проанализированных крабов. Сравнение доли травмированных особей между половозрелыми и неполовозрелыми крабами проводили при помощи критерия χ^2 .

Оценку запаса камчатского краба, отловленного водолазным методом в 2005 и 2006 гг., проводили при помощи метода трансект. При движении водолаза-исследователя по трансекте фиксировали следующие параметры: глубину, характер грунта, уклон дна, температуру воды, микрорельеф, состав донной фауны и флоры. Глубину определяли из показаний водолазных компьютеров. По мере возможности найденных крабов безвыборочно собирали в питомцы и поднимали на поверхность для дальнейшего изучения. Для оценки численности крабов площадь губы была разбита на сектора, различающиеся по глубинам и типу биоценоза. Расчет численности проводили на основе площадного метода (Соколов, Милютин, 2006а). В 2005 г. было обследовано 4 трансекты протяженностью от 65 до 130 м (ширина обзора 2–4 м в зависимости от биоценоза), в 2006 г. — 22

транссекты протяженностью от 50 до 800 м (ширина обзора 2–6 м). Для 2006 г. численность камчатского краба была также определена по данным ловушечных сборов при помощи специализированной программы построения карт распределения запаса и планирования съемки MapDesigner 2.1.

Дополнительно для оценки биологического состояния камчатских крабов проводили исследование ассоциированных с ними беспозвоночных. Для этого каждого краба просматривали на наличие обрастателей и симбионтов и проводили их отбор. Материал фиксировали в 4 %-ном растворе формалина. Анализ и видовая идентификация организмов проводились в лабораторных условиях. В качестве индексов заселенности камчатских крабов использовали экстенсивность заселения (доля заселенных крабов в процентах) и интенсивность заселения (количество особей ассоциированного вида на каждом заселенном хозяине в экземплярах).

Для определения уровней гормонов линьки в 2006 г. проводили отбор гемолимфы у 30 камчатских крабов разных размеров. Гемолимфу фиксировали в 95 %-ном спирте в соотношении 70 % спирта — 30 % гемолимфы. Определенные концентрации гормонов осуществляли в лаборатории Института биологии УрО РАН (г. Сыктывкар) по известной методике (Матишов и др., 2007).

Результаты и их обсуждение

Половой состав. Общее количество проанализированных крабов составило 301 экз. Поскольку работы проводились в один и тот же период, а межгодовых вариаций гидрологических показателей в прибрежье Баренцева моря в 2005–2006 гг. не прослеживалось, мы объединили данные водолазных сборов в 2005 и 2006 гг. в общий комплекс для получения более репрезентативной выборки (табл. 1).

Таблица 1

Количество неполовозрелых (ШК < 100 мм) и половозрелых (ШК > 100 мм) самцов и самок камчатского краба, отловленных в губе Долгой в 2005 и 2006 гг., экз.

Table 1

Number of immature (carapace width CW < 100 mm) and mature (CW > 100 mm) males and females of the red king crab collected in the Dolgaya Bay in 2005 and 2006, ind.

Размерная группа	2005, 2006 гг. (5–35 м)		2006 г. (90 м)	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки
ШК < 100 мм	72	71	41	52
ШК > 100 мм	26	22	11	6
Всего	98	93	52	58

Примечание. В скобках указана глубина проведения сборов.

Соотношение самцов и самок среди неполовозрелых особей достоверно не отличалось от теоретического уровня 1 : 1 как у крабов, отловленных при помощи водолазных сборов в 2005–2006 гг. ($df = 1$; $\chi^2 = 0,007$; $p = 0,933$), так и у особей, пойманных ловушками в 2006 г. ($df = 1$; $\chi^2 = 1,301$; $p = 0,254$). То же самое наблюдалось у половозрелых крабов, отловленных с небольших глубин водолазами ($df = 1$; $\chi^2 = 0,333$; $p = 0,564$) и пойманных при помощи ловушек ($df = 1$; $\chi^2 = 1,471$; $p = 0,225$).

Наблюдаемая картина типична для камчатского краба, молодь которого, как правило, концентрируется в прибрежной зоне в течение всего года (Кузьмин, Гудимова, 2002; Переладов, 2003), в то время как половозрелые особи мигрируют на мелководье в период спаривания, весной (Кузьмин, Гудимова, 2002; Jørstad et al., 2002). Это отмечено для камчатского краба и в нативных районах его обитания (Rodin, 1990; Powell et al., 2002), и в данном секторе Баренцева моря (Соколов, Милютин, 2006а).

На небольших глубинах особи *P. camtschaticus* с ШК 50–80 мм встречались редко, в то время как на больших глубинах были довольно обильны. Частично это можно объяснить особенностями методов отлова крабов, однако, скорее всего, на больших глубинах в пределах акватории губы формируются локальные скопления среднеразмерных крабов, мигрирующих более активно, чем малоразмерные группы. Такие скопления, называемые “поддингами”, типичны для камчатского краба (Переладов, 2003).

Размерный состав и морфометрические показатели. Размерный состав уловов камчатского краба в губе Долгой в 2005–2006 гг. представлен на рис. 2. На глубинах 5–35 м основную долю уловов составили неполовозрелые крабы с модальной ШК 15 мм. В ловушечных уловах в 2006 г. крабы с ШК менее 50 мм не встречались, по всей видимости, из-за особенностей орудия лова. Основную долю улова составили среднеразмерные неполовозрелые крабы с ШК 80–90 мм. Крабы с ШК > 150 мм были исключительно самками.

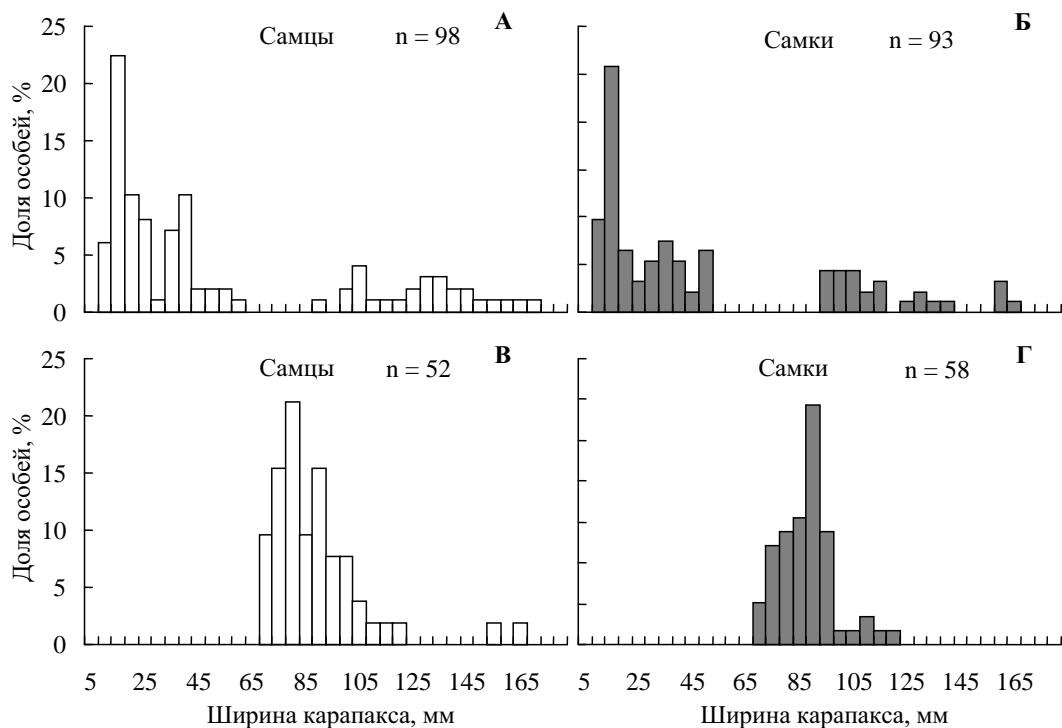


Рис. 2. Размерный состав водолазных (А, Б) и ловушечных (В, Г) уловов камчатского краба в губе Долгой в летний период 2005 и 2006 гг.

Fig. 2. Size structure of the red king crab females (*right*) and males (*left*) collected in the Dolgaya Bay in summer of 2005 and 2006: А, Б — SCUBA, В, Г — traps, n — number of specimens

Морфометрические показатели отловленных крабов представлены в табл. 2. Нами отмечено сходство в распределении размерных показателей самцов и самок; статистический анализ не выявил достоверных различий в ШК особей разного пола (тест Крускала-Уоллиса, $df = 1$; $N = 0,005$; $p = 0,946$). Подобный результат вполне объясним, поскольку в уловах преобладали неполовозрелые крабы, для которых не характерны различия в морфометрических показателях (Кузьмин, Гудимова, 2002).

Для решения некоторых прикладных задач и сравнения полученных данных с результатами других исследователей полезно знать уравнения взаимных зависимостей одних морфометрических показателей от других. Для камчатского краба из губы Долгой эти уравнения обобщены в табл. 3.

Морфометрические показатели камчатских крабов в губе Долгой
в летний период 2005 и 2006 гг.

Таблица 2

Morphometric parameters of red king crabs in the Dolgaya Bay
in summer of 2005 and 2006

Table 2

Показатель	Min	Max	X	SD	SE	Медиана
Самцы						
ШК, мм	6,10	166,00	64,57	44,32	3,63	70,00
ДК, мм	6,32	144,00	59,30	38,46	3,15	65,10
ДМ, мм	3,13	149,50	52,18	37,47	3,25	53,30
ВМ, мм	1,29	38,50	13,24	9,29	0,81	14,10
ПКД, мм	2,27	67,00	24,96	16,04	1,40	26,65
ПКВ, мм	2,63	51,40	17,91	12,21	1,06	17,65
Масса, г	0,14	2430,00	350,25	522,14	43,66	184,00
Самки						
ШК, мм	5,90	161,00	63,78	40,03	3,29	75,25
ДК, мм	6,50	155,10	59,54	36,31	2,99	71,15
ДМ, мм	4,52	103,40	45,47	29,06	2,54	54,00
ВМ, мм	1,30	32,10	11,87	7,81	0,68	14,10
ПКД, мм	4,11	54,80	25,65	13,38	1,16	29,75
ПКВ, мм	2,50	40,00	17,91	9,83	0,85	19,70
Масса, г	0,07	2360,00	336,70	446,59	37,22	271,00

Примечание. Здесь и далее ШК — ширина карапакса, ДК — длина карапакса, ДМ — длина меруса III правого переопода, ВМ — высота меруса, ПКД — длина правой клешни, ПКВ — высота правой клешни, Min — минимум, Max — максимум, X — среднее, SD — стандартное отклонение, SE — стандартная ошибка.

Уравнения, описывающие линейные зависимости между основными
размерными показателями камчатского краба в губе Долгой

Таблица 3

Equations describing linear relationships between common metric parameters
of red king crabs in the Dolgaya Bay

Table 3

Самцы			Самки		
Уравнение	R ²	n	Уравнение	R ²	n
ДК = 0,8667 ШК + 3,3376	0,9973	149	ДК = 0,9058 ШК + 1,7685	0,997	148
ШК = 1,1507 ДК - 3,6677	0,9973	149	ШК = 1,1006 ДК - 1,7529	0,997	148
ДМ = 0,845 ШК - 3,2703	0,9892	133	ДМ = 0,7206 ШК + 1,2184	0,9777	131
ШК = 1,1706 ДМ + 4,538	0,9892	133	ШК = 1,3568 ДМ - 0,284	0,9535	131
ДМ = 0,9725 ДК - 6,3777	0,9861	133	ДМ = 0,7933 ДК - 0,1385	0,9767	131
ДК = 1,0139 ДМ + 7,3061	0,9861	133	ДК = 1,2312 ДМ + 1,5099	0,9767	131

На основе анализа полученных данных были установлены зависимости массы (W, г) от ШК (L, мм):

$$W = 0,0008 \cdot L^{2,9559} \quad (R^2 = 0,9984, n = 77) \text{ для самцов,}$$

$$W = 0,0007 \cdot L^{2,9778} \quad (R^2 = 0,9938, n = 81) \text{ для самок.}$$

Размерно-массовые зависимости для самцов и самок несколько отличались от тех, которые были установлены нами ранее (Дворецкий, 2008а) для более восточных районов Баренцева моря, губ Дальнезеленецкой и Ярнышной, что может быть связано как с меньшим количеством проанализированных в губе Долгой крабов, так и с различиями здесь океанологических факторов (Анисимова, Фролова, 1994), влияющих на особенности роста камчатского краба.

Зависимость доли самок с наружной икрой (P) от ДК (L) особей представлена на рис. 3 и описывается следующим уравнением:

$$P = \frac{100}{1 + e^{55,636 - 0,534L}}$$

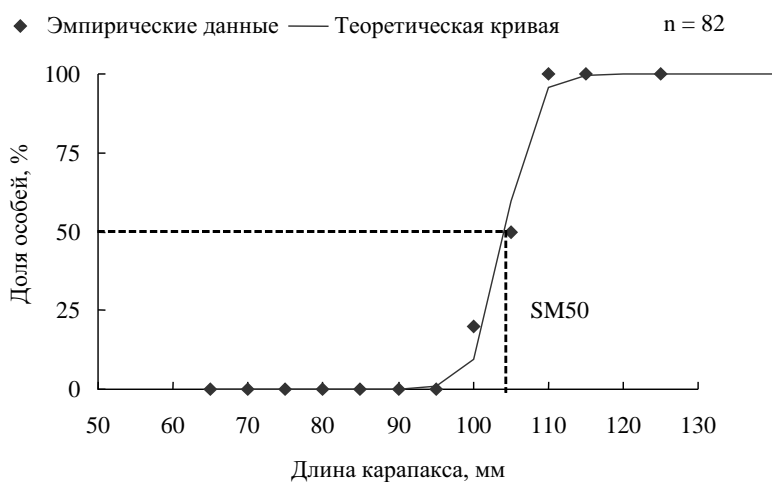


Рис. 3. Зависимость доли самок камчатского краба с наружной икрой от длины карапакса особей и размер 50 %-ной половозрелости (SM50) в губе Долгой

Fig. 3. The portion of egg-bearing female red king crabs dependence on their carapace length, and the size of 50 % morphometric maturity (SM50) in the Dolgaya Bay

Согласно расчетам, SM50 для самок камчатского краба в губе Долгой составляет 104,2 мм по ДК, что соответствует ШК 112,9 мм. Полученная величина ниже отмеченной для самок камчатского краба Баренцева моря (Kuzmin et al., 1996; Кузьмин, Гудимова, 2002; Hjelset et al., 2009). Но эти результаты были получены по данным исследований популяции краба на Западном Мурмане, где температура воды выше, чем в губах Восточного Мурмана. Ранее (Kurata, 1960, 1961; Nakanishi, 1985; Shirley et al., 1990; Loher et al., 2001) было установлено, что в зависимости от температуры воды могут изменяться как сроки нереста и последующей линьки, так и темпы созревания самок камчатского краба. Полученное значение SM50 зачастую превышает аналогичную величину, отмеченную для *P. camtschaticus* в других районах его обитания. Например, в Беринговом море ДК, при которой 50 % самок достигают половой зрелости, варьирует в очень широких пределах, от 86 до 102 мм (Macintosh et al., 1979; Somerton, 1980; Pengilly et al., 2002), в зал. Анива размер 50 %-ной морфометрической половозрелости составлял 120 мм по ШК (Клитин, 2003), а у самок западнокамчатского шельфа — 89 мм (Лысенко, Гайдаев, 2005).

Известно (Wynngaard, Iorio, 1996), что SM50 может служить индикатором биологического состояния популяции *P. camtschaticus*.

В уловах в губе Долгой преобладали крабы второй стадии линьки (97,3 % от общего числа крабов). Недавно линявшие особи (первая стадия линьки) были отмечены только среди неполовозрелых крабов, а особи третьей ранней и третьей поздней стадии линьки встречались среди крупных самцов.

Травмированность конечностей. Общий уровень травматизма конечностей камчатского краба в губе Долгой был достаточно высок и достигал 46,8 %, хотя в открытых районах моря травмы конечностей встречались только у 18,4 % крабов (Пинчуков, 2007).

Травмированность половозрелых и неполовозрелых особей была очень близкой (рис. 4) и достоверно не различалась как в целом, так и у самцов и самок по отдельности (χ^2 -тест, $p > 0,8$ во всех случаях). Причиной высокого уровня травматизма мелких особей обычно является пресс хищников (Соколов, Милютин, 2006б), для более крупных крабов основное значение имеет влияние промысла. Скорее всего, в губе Долгой на группировку краба действуют оба фактора.

Численность. Камчатский краб был довольно равномерно распределен на акватории губы Долгой, достигая плотности 1000–3000 экз./км² (рис. 5). Мелкие крабы встречались во всех типах биоценозов и на разнообразных грунтах: на грунтах с крупным песком и примесью ракушки с присутствием отдельных мелких ламинарий и десмарестий, на илистых песках в биоценозах ветвистого литотамния с примесью красных водорослей, на скальных выступах (глубина

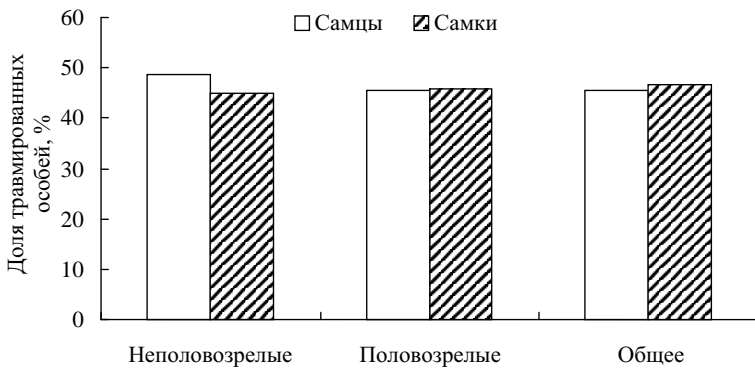


Рис. 4. Травмированность половозрелых и неполовозрелых самцов и самок камчатского краба в губе Долгой в 2005 и 2006 гг.

Fig. 4. Limb injury levels for immature and mature males and females of the red king crab in the Dolgaya Bay in summer of 2005 and 2006

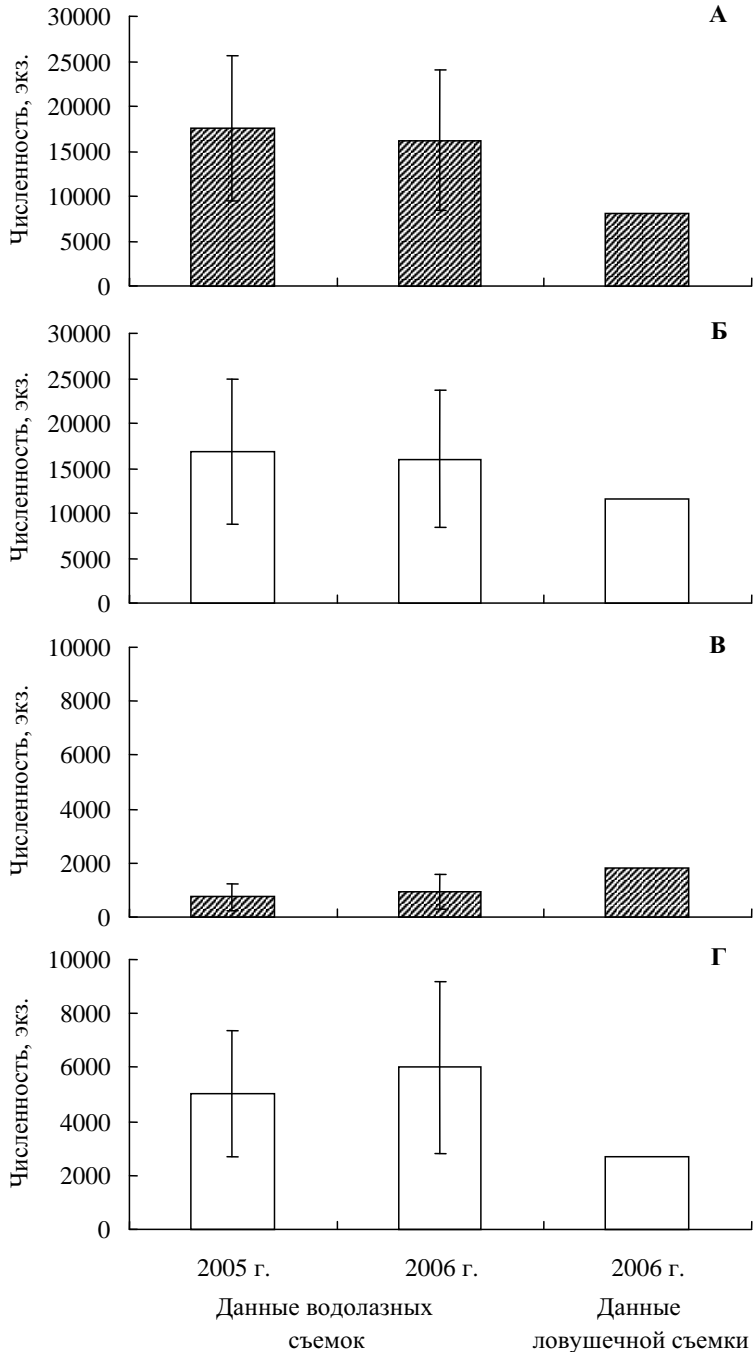


Рис. 5. Численность камчатского краба в губе Долгой: А — неполовозрелые самцы, Б — неполовозрелые самки, В — половозрелые самцы, Г — половозрелые самки. Вертикальные линии показывают 90 %-ный доверительный интервал

Fig. 5. Stock of the red king crab in the Dolgaya Bay: А — immature males, Б — immature females, В — mature males, Г — mature females. Vertical bars show the 90 % confidence interval

30–33 м), на валуннике и гальке, а особи с ШК 20–30 мм также часто наблюдались в зарослях ламинарии под листьями отдельных макрофитов. Крупные крабы наиболее часто встречались на открытых участках дна среди валунов.

Такое распределение довольно типично для данного сектора Баренцева моря (Соколов, Штрик, 2003). Полученные нами значения запаса камчатского краба (в пределах 30 ± 15 тыс. экз.) несколько ниже известных ранее (Соколов, Милютин, 2006а). Это можно объяснить как сезонными вариациями в распределении животных (предыдущие исследования в этом секторе Баренцева моря проводились в конце июня — начале июля), так и определенным изменением запаса в связи с развитием популяции камчатского краба. Хорошо известно (Кузьмин, Гудимова, 2002; Соколов, Милютин, 2006а), что численность камчатского краба может колебаться в зависимости от интенсивности миграционных процессов, которые зачастую отражают изменение условий обитания под воздействием абиотических (прежде всего температурный режим), биотических (кормовая база) и антропогенных факторов.

Симбионты и обрастатели. В губе Долгой на крабах обнаружено 13 видов ассоциированных организмов. Их видовой состав, экстенсивность и средняя интенсивность заселения хозяев представлены в табл. 4.

Таблица 4

Таксономический список ассоциированных организмов, найденных на камчатских крабах, и индексы заселенности хозяев в губе Долгой Баренцева моря в 2005 и 2006 гг.

Table 4

Taxonomic list of associated organisms found on red king crabs and indices of the hosts infestation in the Dolgaya Bay in 2005 and 2006

Таксон	Экстенсивность заселения, %	Средняя интенсивность заселения, экз.
Hydrozoa		
<i>Obelia geniculata</i> (L., 1758)	2,99	—
<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)	1,99	—
Polychaeta		
<i>Circeis armoricana</i> Saint-Joseph, 1894	1,00	$1,3 \pm 0,3$
<i>Harmothoe imbricata</i> (L., 1767)	1,33	$1,3 \pm 0,2$
Syllidae g. sp.	0,33	$1,0 \pm 0,0$
Amphipoda		
<i>Ischyrocerus anguipes</i> Krøyer, 1838	1,33	$1,5 \pm 0,4$
<i>Ischyrocerus commensalis</i> Chevreux, 1900	28,57	$19,3 \pm 3,1$
Cirripedia		
<i>Balanus crenatus</i> Brugiere, 1789	42,86	$42,5 \pm 4,4$
Bivalvia		
<i>Heteranomia scuamula</i> (Linne, 1767)	0,33	$1,0 \pm 0,0$
<i>Mytilus edulis</i> Linne, 1758	11,63	$2,5 \pm 0,4$
Bryozoa		
<i>Callopora lineata</i> (L., 1767)	0,66	—
<i>Lichenopora hispida</i> (Fleming, 1828)	0,33	—
<i>Scrupocellaria arctica</i> (Smitt, 1868)	0,34	—

В 2005 г. на 17 крабах был обнаружен хотя бы один из ассоциированных видов, в 2006 г. эта цифра составила 71 экз. на крабах, отловленных с глубины до 35 м (водолазные сборы), и 54 экз. на крабах, отловленных с глубины 90 м (ловушки). Общая экстенсивность заселения камчатских крабов составила 47,10 %. Наиболее часто на крабах встречали усонного рака *Balanus crenatus*, амфиподу *Ischyrocerus commensalis* и двустворчатого моллюска *Mytilus edulis*. Для первых двух видов также отмечена наибольшая интенсивность заселения, тогда как для мидий этот показатель был относительно невысок (табл. 4).

Большая часть ассоциированных видов относится к группе обрастателей. Это организмы-сестонофаги: усонogie раки, моллюски, седентарные полихеты, гидроиды, мшанки. Вполне закономерно, что на крабах чаще всего отмечен усоногий рак *B. crenatus*. Этот вид является одним из доминирующих в донных

сообществах губы Долгой как на мягких (Бритаев и др., 2009), так и на твердых грунтах (Анисимова, Фролова, 1994). Вторым по встречаемости обрастателем краба является двустворчатый моллюск *M. edulis* — типичный компонент донных сообществ губы Долгой. Этот вид и раньше отмечался на покровах многих ракообразных (Williams, McDermott, 2004). Амфипода *I. commensalis* является известным симбионтом камчатского краба. Ранее этот вид отмечали на *P. camtschaticus* в Варангер-фьорде (Jansen et al., 1998) и губе Дальнезалецкой Баренцева моря (Дворецкий и др., 2007), а также в Охотском море (Клидин, 2003). К известным симбионтам краба (Дворецкий, 2008б) также относятся отмеченные в сборах бокоплавы *Ischyrocerus anguipes* и полихеты *Harmothoe imbricata*.

Видовой состав ассоциированных организмов сходен с тем, что был отмечен нами ранее в губе Дальнезалецкой (Дворецкий, 2008б), однако индексы заселенности краба массовыми обрастателями и симбионтами различаются. В губе Долгой на крабах преобладают усонogie раки *B. crenatus*, в губе же Дальнезалецкой, которая представляет собой акваторию “открытого” типа с высокой интенсивностью гидродинамики, этот вид встречается гораздо реже (экстенсивность не превышает 2,5 %), а доминируют симбиотические амфиподы рода *Ischyrocerus* (Дворецкий и др., 2007).

Следует отметить, что индексы заселенности крабов могут служить косвенными показателями уровня загрязнения акватории (Лыскин, 2003).

Биохимические исследования. В результате проведенных анализов гемолимфы камчатских крабов в ней были обнаружены два экистероида: 20-гидроксиэкизон (20E) и экизон (E) (по старой номенклатуре — альфа-экизон). Концентрации гормонов линьки *P. camtschaticus* в губе Долгой представлены в табл. 5. Разброс содержания гормонов был довольно высок: количество 20-гидроксиэкизона примерно на порядок превышало концентрации экизона в гемолимфе крабов. Отметим, что концентрации экизона были настолько малы, что количественные показатели были определены лишь для половины крабов, у которых отбирали гемолимфу. Однако у камчатского краба уровни концентрации гормонов линьки были выше, чем у других видов ракообразных (Chang, Bruce, 1981; Soumoff, O’Connor, 1982; Thomson et al., 2006; Tamone et al., 2007), по всей видимости, из-за того, что основная часть из них достигает терминальной линьки, тогда как камчатский краб линяет в течение всей жизни.

У самок содержание 20-гидроксиэкизона и экизона было несколько выше, чем у самцов, хотя различия были недостоверными в обоих случаях (для последующего статистического анализа данные по самцам и самкам были объединены), что вполне объяснимо. У неполовозрелых особей не отмечено каких-либо различий в особенностях

Таблица 5
Содержание гормонов линьки, 20-гидроксиэкизона (20E) и экизона (E), в гемолимфе камчатских крабов в губе Долгой, мкг/мл

Table 5

Concentrations of moulting hormones in hemolymph of red king crabs in the Dolgaya Bay.
20E — 20-hydroxyecdysone, E — ecdysone

Показатель	Самцы		Самки	
	20E	E	20E	E
X	5,65	1,30	7,69	2,40
SE	2,00	1,20	2,60	1,80
Min	0,50	0,03	0,60	0,10
Max	24,60	9,70	44,50	13,40

протекания линочного цикла, поэтому концентрации гормонов линьки у них довольно сходны. Что касается крупных особей, то можно было ожидать более высоких уровней концентрации экистероидов у самок, которые обычно линяют раз в год после спаривания, в то время как самцы, начиная с ШК 110 мм, могут пропускать ежегодную линьку, а крупные особи обычно линяют один раз в 2–4

года (Кузьмин, Гудимова, 2002). Однако в нашем исследовании все крупные крабы, у которых отбирали гемолимфу, характеризовались второй стадией линьки, что могло дать сходный уровень экдистероидов крабов разного пола.

Вариация уровней содержания 20Е в гемолимфе камчатских крабов разных размеров представлена на рис. 6. Значимых различий между сравниваемыми группами не установлено.

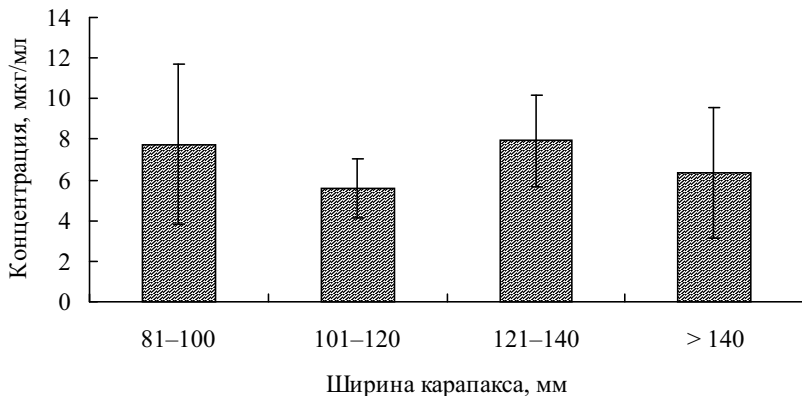


Рис. 6. Содержание 20-гидроксиэктизона в гемолимфе камчатских крабов разных размеров, отловленных в губе Долгой в 2006 г. Вертикальные линии показывают стандартную ошибку

Fig. 6. Concentration of 20-hydroxyecdysone in hemolymph of the

red king crabs collected in the Dolgaya Bay in 2006. Vertical bars show the standard error

Известно (Кузьмин, Гудимова, 2002), что небольшие крабы линяют чаще, чем крупные, поэтому концентрация экдизонов у них должна быть выше, чем у половозрелых особей. По всей видимости, на наш результат повлияло то, что в изучаемой выборке отсутствовали данные по относительно небольшим крабам (наименьшая ШК краба, у которого отбирали гемолимфу, составила 87 мм), поскольку ранее (Матишов и др., 2007) была показана отрицательная зависимость между размерами камчатских крабов и содержанием 20-гидроксиэктизона в их гемолимфе.

Заключение

Любое гидротехническое строительство неизбежно оказывает негативные воздействия на водные экосистемы. Для оценки масштаба произошедших изменений необходимо использовать как можно больше биологических индикаторов — показателей состояния биологических процессов как отдельных организмов, так и сообществ в целом (Гудимов, Денисов, 2009). В ходе наших исследований установлены некоторые интегральные показатели (численность, размер наступления половозрелости самок, заселенность ассоциированными организмами, концентрация экдистероидов в гемолимфе), которые можно рассматривать как фоновые для мониторинга состояния среды в губе Долгой после строительства приливной электростанции (ПЭС).

Авторы благодарят С.А. Кузьмина, Т.А. Бритаева за помощь в проведении исследований, Н.Н. Пантелееву и Е.А. Фролову за помощь в видовой идентификации обрастателей (мшанок и полихет), В.В. Володина и С.О. Володину — за биохимический анализ гемолимфы крабов.

Список литературы

Анисимова Н.А., Фролова Е.А. Бентос губы Долгой Восточного Мурмана. Состав. Количественное распределение // Гидробиологические исследования в заливах и бухтах северных морей России. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994. — С. 43–91.

Бритаев Т.А., Ржавский А.В., Удалов А.А. Сообщества мягких грунтов губы Долгая Баренцева моря // Тез. докл. 10-го съезда Гидробиологического общества при РАН. — Владивосток: Дальнаука, 2009. — С. 52.

Гудимов А.В., Денисов В.В. Общие подходы к выбору биоиндикаторов состояния морских экосистем // Новые технологии мониторинга природных процессов в зоне взаимодействия пресных и морских вод (биологическая индикация). — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2009. — С. 7–33.

Дворецкий А.Г. Особенности биологии камчатского краба Восточного Мурмана // Биология и физиология камчатского краба в прибрежье Баренцева моря. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2008а. — С. 22–60.

Дворецкий А.Г. Симбионты и обрастатели камчатского краба // Биология и физиология камчатского краба в прибрежье Баренцева моря. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2008б. — С. 105–131.

Дворецкий А.Г., Кузьмин С.А., Матишов Г.Г. Биология амфипод *Ischyrocerus commensalis* и их симбиотические отношения с камчатским крабом в Баренцевом море // ДАН. — 2007. — Т. 417. — С. 424–426.

Камчатский краб в Баренцевом море : монография. — Мурманск : ПИНРО, 2003. — 363 с.

Клитин А.К. Камчатский краб у берегов Сахалина и Курильских островов: биология, распределение и функциональная структура ареала : монография. — М. : Нацрыбресурсы, 2003. — 253 с.

Кузьмин С.А., Гудимова Е.Н. Вселение камчатского краба в Баренцево море. Особенности биологии, перспективы промысла : монография. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2002. — 236 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособ. для биол. спец. вузов. — М. : Высш. шк., 1990. — 352 с.

Лысенко В.Н., Гайдаев В.Э. Рост камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в северной части западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 119–127.

Лыскин С.А. Популяционная экология и межвидовые взаимодействия симбионтов голотурий Южного Вьетнама : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М. : ИПЭЭ РАН, 2003. — 24 с.

Матишов Г.Г., Кузьмин С.А., Володин В.В. и др. Титры эндогенных гормонов линьки камчатского краба Баренцева моря // ДАН. — 2007. — Т. 412. — С. 716–717.

Переладов М.В. К вопросу об уловистости крабовых ловушек // Тез. докл. 10-го съезда Гидробиологического общества при РАН. — Владивосток : Дальнаука, 2009. — С. 307–308.

Переладов М.В. Некоторые особенности распределения камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на прибрежных мелководьях Баренцева моря // Тр. ВНИРО. — 2003. — Т. 142. — С. 103–120.

Пинчуков М.А. Утрата конечностей камчатским крабом в Баренцевом море в 2001–2006 гг. // Тр. ВНИРО. — 2007. — Т. 147. — С. 131–143.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. — Владивосток : ТИНРО, 1979. — 60 с.

Соколов В.И., Милютин Д.М. Распределение, численность и размерный состав камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в верхней сублиторали Кольского полуострова Баренцева моря в летний период // Зоол. журн. — 2006а. — Т. 85. — С. 158–170.

Соколов В.И., Милютин Д.М. Повреждения ног у камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в российской части Баренцева моря // Сб. мат-лов междунар. конф. “Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами”. — Мурманск : Север, 2006б. — С. 98–100.

Соколов В.И., Штрик В.А. Биоценотический анализ донного поселения прибрежной зоны губы Териберка Баренцева моря и возможность его применения для оценки воздействия камчатского краба на экосистемы // Тр. ВНИРО. — 2003. — Т. 142. — С. 6–24.

Chang E.S., Bruce M.J. Ecdysteroid titers of larval lobsters // Comp. Biochem. Physiol. — 1981. — Vol. 70A. — P. 239–241.

Hjelset A.M., Sundet J.H., Nilssen E.M. Size at sexual maturity in the female red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in a newly settled population in the Barents Sea, Norway // J. Northw. Atl. Fish. Sci. — 2009. — Vol. 41. — P. 173–182.

Jansen P.A., Mackenzie K., Hemmingsen W. Some parasites and commensals of red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the Barents sea // Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. — 1998. — Vol. 18. — P. 46–49.

Jørstad K.E., Farestveit E., Rudra H. et al. Studies on red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) introduced to the Barents Sea // Crabs in cold water regions: biology, managements, and economics. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 2002. — P. 425–438.

Kurata H. Studies on the larvae and postlarvae of *Paralithodes camtschatica*. III. The influence of temperature and salinity on growth of the larvae // Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab. — 1960. — Vol. 17. — P. 9–14.

Kurata H. Studies on the larvae and postlarvae of *Paralithodes camtschatica*. IV. Growth of the postlarvae // Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab. — 1961. — Vol. 18. — P. 1–9.

Kuzmin S., Olsen S., Gerasimova O. Barents Sea king crab (*Paralithodes camtschaticus*): transplantation experiments were successful // High latitude crabs: biology, management, and economics. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 1996. — P. 649–664.

Loher T., Armstrong D.A., Stevens B.G. Growth of juvenile red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in Bristol Bay (Alaska) elucidated from field sampling and analysis of trawl-survey data // Fish. Bull. — 2001. — Vol. 99. — P. 572–587.

Macintosh R.A., Otto R.S., Fukuyama A.K. Size at sexual maturity and incidence of partial clutches in female king crab (*Paralithodes camtschatica* and *P. platypus*) and tanner crab (*Chionoecetes bairdi*, *C. opilio* and *C. bairdi* x *C. opilio*) in the southeastern Bering Sea in 1975–1979 // International North Pacific Fisheries Commission. — 1979. — № 2245. — P. 1–52.

Nakanishi T. The effect of the environment on the survival rate, growth and respiration of eggs, larvae and post-larvae of king crab (*Paralithodes camtschatica*) // Proceedings of the International king crab symposium. — Anchorage : Univ. of Alaska, 1985. — P. 167–185.

Pengilly D., Blau S.F., Blackburn J.E. Size at maturity of Kodiak area female red king crab // Crabs in cold water regions: biology, managements, and economics. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 2002. — P. 115–134.

Powell G.C., Pengilly D., Blau S.F. Mating pairs of the red king crabs *Paralithodes camtschaticus* in the Kodiak Archipelago, Alaska, 1960–1984 // Crabs in cold water regions: biology, managements, and economics. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 2002. — P. 225–246.

Rodin V.E. Population biology of the king crab *Paralithodes camtschatica* Tilesius in the North Pacific Ocean // Proceedings of the International Symposium on King and Tanner Crabs. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 1990. — P. 133–144.

Shirley T.C., Shirley S.M., Korn S. Incubation period, molting and growth of female red king crabs: effects of temperature // Proceedings of the International symposium on king and tanner crabs. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 1990. — P. 51–64.

Somerton D.A. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1980. — Vol. 37. — P. 1488–1494.

Soumoff C., O'Connor J.D. Repression of y-organ secretory activity by molt-inhibiting hormone in the crab *Pachygrapsus crassipes* // General Comp. Endocrinol. — 1982. — Vol. 48. — P. 432–439.

Tamone S.L., Taggart S.J., Andrews A.G. et al. The relationship between circulating ecdysteroids and chela allometry in male tanner crabs: evidence for a terminal molt in the genus *Chionoecetes* // J. Crustac. Biol. — 2007. — Vol. 27. — P. 635–642.

Thomton J.M., Tamone S.L., Atkinson S. Circulating ecdysteroid concentrations in Alaskan Dungeness crab (*Cancer magister*) // J. Crustac. Biol. — 2006. — Vol. 26. — P. 176–181.

Williams J.D., McDermott J.J. Hermit crab biocoenoses; a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. — 2004. — Vol. 305. — P. 1–128.

Wyngaard J.G., Iorio M.I. Status of the southern king crab (*Lithodes santolla*) fishery of the Beagle Channel, Argentina // High latitude crabs: biology, management, and economics. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 1996. — P. 25–40.

Поступила в редакцию 6.11.09 г.