

УДК 595.384 (268.45)

А.Г.Дворецкий

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА В ПРИБРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Аннотация

Анализируются результаты исследований биологии крупного бентосного ракообразного – вида-вселенца, камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, выполненные ММБИ за последние несколько лет. На основе анализа травмированных конечностей выявлен высокий уровень нелегального лова краба, исследованы основные симбионты и обрастатели камчатского краба.

A.G.Dvoretsky

STUDIES OF THE RED RING CRAB IN THE COASTAL BARENTS SEA

Abstract

Some biological features of the large benthic crustacean red king crab *Paralithodes camtschaticus*, an invasive species, were investigated based on the data collected by the Murmansk Marine Biological Institute. A high level of illegal crab catching was revealed based on the analysis of limb injuries. The major symbionts and foulers of the red king crab were studied.

В последние десятилетия возросли темпы вселения чужеродных организмов (биологическая инвазия) в водные экосистемы в целом, и морские, в частности. Основными причинами этого являются интенсификация судоходства и нерегулируемый сброс балластных вод судами. Вселение чужеродных видов негативно влияет на биологическое разнообразие, структуру и функционирование водных экосистем, а патогенные организмы и токсические виды водорослей представляют собой прямую угрозу здоровью человека (Gollasch, 2002).

Актуальность этой проблемы в России обусловлена существованием многочисленных гидросооружений, широкой сети водных коммуникаций, больших внутренних водоемов, развитой системы морского транспорта и портов. Все это способствует более свободному обмену фауной и флорой между различными, прежде изолированными или отдаленными друг от друга водными системами.

Другим важным путем вселения новых видов является преднамеренная интродукция.

Особую роль в донных сообществах Баренцева моря играет чужеродный вид – камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), который был завезен в 1960-х гг. Крупные крабы стали регулярно отмечаться в прибрежной зоне с 1974 г. Вселение камчатского краба в Баренцево море было одним из важнейших проектов прикладной науки рыбопромышленного комплекса СССР в середине прошлого века. Программа по вселению ценных в промысловом отношении видов во внутренние водоемы и моря Советского Союза подразумевала перевозку организмов на разных стадиях развития – от икры до взрослых особей (Закс, 1936; Зенкевич, 1940). Повышение биологической продуктивности северных морей за счет акклиматизации в них новых видов, пригодных для широкомасштабного промысла, признавалось важной задачей биологии того периода (Зенкевич, 1940; Ильин, 1954; Орлов, 1996).

Для вселения крупного краба было выбрано Баренцево море, поскольку здесь не было естественных обитателей, которые бы обеспечивали необходимую загрузженность промыслового сектора (Павлов и др., 2011).

В последние годы *Paralithodes camtschaticus* стал активно распространяться за пределы прибрежных вод на север, вплоть до 71°30' с. ш., до Финмаркенской банки на западе и Южного склона Гусиной банки на востоке (Карсаков, Пинчуков, 2009). При этом в восточном направлении граница его распространения достигла о. Колгуев, 51° в. д. В прибрежных водах камчатский краб стал встречаться в Воронке Белого моря (Золотарев, 2010). На современном этапе ресурсный потенциал этого вида в новом месте обитания приблизился к уровню, который позволил открыть его значительный коммерческий промысел (Соколов, Милютин, 2006а).

Появление нового промыслового вида, имеющего высокую рыночную стоимость, можно рассматривать в качестве благоприятного последствия, обусловленного интродукцией камчатского краба в Баренцево море. Например, московские фирмы реализуют конечности камчатского краба разных категорий по следующим оптовым ценам, руб/кг: категория М – 530, L – 950, L2–L3 – 1050, L4–L5 – 1200. Мясо камчатского краба продается по следующим ценам, руб/кг: первая фаланга (мерус) 14–17 см – 1900, вторая фаланга – 1400, колено крупное – 1050, роза “экстра” – 1350, колено мелкое – 850, роза крупная – 1050. В Санкт-Петербурге оптовые цены на крабовую продукцию еще выше.

Помимо финансовой выгоды, которую, несомненно, принесла интродукция *Paralithodes camtschaticus*, следует отметить и другие позитивные моменты от его вселения. В частности, считается, что камчатский краб способен оказать положительное влияние на структуру различных компонентов экосистем и продуктивность прибрежных сообществ за счет более полной утилизации ресурсов пищевых цепей. Пищевая активность краба, таким образом, может в какой-то степени обогащать структуру экологических ниш, повышая биологическое разнообразие донных биоценозов (Кузьмин, Гудимова, 2002).

Отрицательные последствия для прибрежных акваторий Баренцева моря как наиболее уязвимых участков, вызванные вселением камчатского краба, могут быть обусловлены следующими причинами: а) конкуренция с местными видами; б) выедание бентоса; в) снижение продуктивности местных биоценозов при высокой плотности поселения; г) трансформация структуры донных биотопов; д) генетическое заражение; е) появление новых патогенов, паразитов (Кузьмин, Гудимова, 2002; Камчатский ..., 2003; Jørgensen, 2005; Современное ..., 2007; Jørgensen, Primicerio, 2007; Павлова, 2008а,б, 2011; Studies ..., 2010).

В последние годы отмечено снижение промыслового запаса *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море (Пинчуков и др., 2011). Поэтому исследования биологии данного вида в разных районах его обитания приобретают особую актуальность.

Прежде всего стоит отметить, что за последние годы накоплен значительный материал по распределению и основным биологическим характеристикам камчатского краба в различных районах Баренцева моря (Кузьмин, Гудимова, 2002; Камчатский ..., 2003). Тем не менее, большинство недавних работ, посвященных камчатскому крабу в Баренцевом море, в основном касаются особенностей его биологии на больших глубинах, где основную долю траловых или ловушечных уловов составляют половозрелые особи.

В прибрежье Баренцева моря проводились водолазные исследования по изучению особенностей поведения и пространственной структуры поселений *Paralithodes camtschaticus* (Переладов, 2003), однако они охватывали в основном Западный Мурман. Также следует отметить работу, проведенную специалистами Всероссийского НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО, г. Москва) в 2003 г., в которой изучалось распределение камчатского краба в мелководной зоне Баренцева моря (Соколов, Милютин, 2006а). В прибрежье Мурманска также исследовали симбионтов и обрастателей камчатского краба (Дворецкий, Кузьмин, 2008). Однако приходится констатировать, что до настоящего времени детального анализа биологических особенностей камчатского краба в мелководных районах Восточного Мурманска на основе данных многолетних исследований не проводилось. Для устранения этого пробела с 2002 г. ММБИ ежегодно осуществляет мониторинг камчатского краба Восточного Мурманска на модельной акватории губы Дальнезеленецкая.

Целью работы было исследование динамики ключевых популяционных показателей камчатского краба (половой и размерный состав, морфометрические характеристики, численность), уровня травматизма, а также симбионтов и обрастателей в губе Дальнезеленецкая.

Материал для исследований был отобран в ходе летних береговых экспедиций с 2002 по 2008 гг. Отлов крабов производили при помощи легководолазного снаряжения с глубины 3–40 м.

Биологический анализ крабов выполняли по общепринятым методикам (Руководство ..., 1979). Обработка животных включала измерение, взвешивание, определение пола, личинной категории и стадий зрелости самок краба. Все промеры крабов осуществляли штангенциркулем с точностью до 1 мм. Массу определяли взвешиванием каждого экземпляра с точностью до 1 г (электронные весы AND-5000) или с точностью до 0.01 г (весы CAS ME 2100).

Пол крабов определяли путем внешнего осмотра абдомена и его придатков.

Для определения размера наступления половозрелости самцов камчатского краба исходили из предположения, что у самцов различных видов крабов при наступлении половозрелости происходят изменения в аллометрическом росте клешни по отношению к длине карапакса (Hartnoll, 1978). Были определены уравнения роста высоты правой клешни по отношению к длине карапакса (ДК) у заведомо неполовозрелых самцов камчатского краба ($ДК < 70$ мм) и заведомо половозрелых особей ($ДК > 130$ мм). Точка пересечения кривых, описывающих полученные уравнения, показывала размер, при котором происходит изменение роста клешни относительно длины карапакса. Этот размер был принят как размер наступления половозрелости самцов камчатского краба (морфометрическая половозрелость). Для более точного расчета использовали результаты промеров 115 самцов с шириной карапакса 169–232 мм, отловленных в районе губы Дальнезеленецкая с глубины 120–180 м при помощи донных ставных ловушек.

Уровень травматизма (%) определяли как отношение крабов, имеющих хотя бы одну поврежденную конечность, к общему числу крабов. Для детального анализа использовали данные с 2003 по 2006 гг.

Обрастателей и симбионтов отбирали с поверхности экзоскелета и из жабр крабов непосредственно после поимки на берегу в лаборатории сезонной биостанции ММБИ. Материал фиксировали в 4 %-м растворе формальдегида для последующего определения.

В качестве характеристик заселенности камчатских крабов симбионтами использовали следующие показатели: экстенсивность заселения – отношение количества хозяев, заселенных симбионтами, к общему количеству исследованных крабов; интенсивность заселения – количество особей симбионтов на каждом заселенном хозяине; средняя интенсивность – отношение общего количества симбионтов в пробах к количеству заселенных хозяев (Parasitology ..., 1997).

Оценку численности камчатского краба проводили методом трансект (Сokolov, Милютин, 2006а). Сбор крабов проводили на одних и тех же трансектах, количество которых варьировало от 12 до 25 в разные годы исследований.

Статистический анализ данных проводили при помощи стандартных методов (Лакин, 1990). Для оценки отличий в соотношении самцов и самок от теоретического уровня 1:1 использовали критерий “хи-квадрат”. Соотношение ширины и длины карапакса (ШК:ДК), длины меруса третьего правого переопода и отношение длины меруса к ширине карапакса (ДМ:ШК) сравнивали у особей разного пола при помощи критерия Манна-Уитни.

Биологические особенности камчатского краба. Размерный состав уловов камчатского краба в губе Дальнезеленецкая показан на рис. 1, из которого хорошо видно, что основную долю проанализированных крабов составляли неполовозрелые особи.

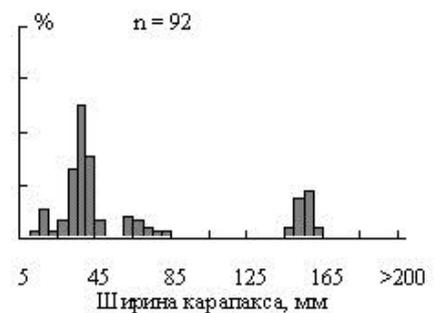
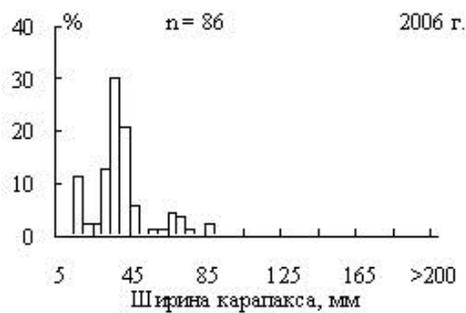
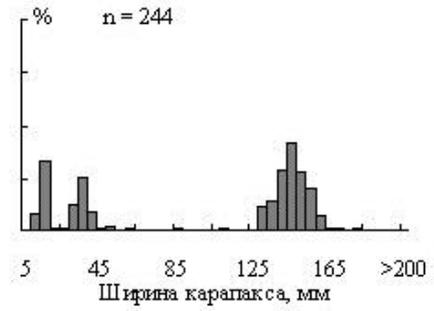
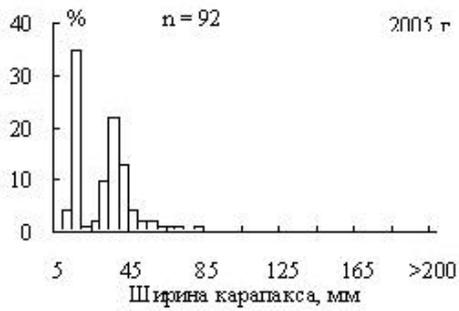
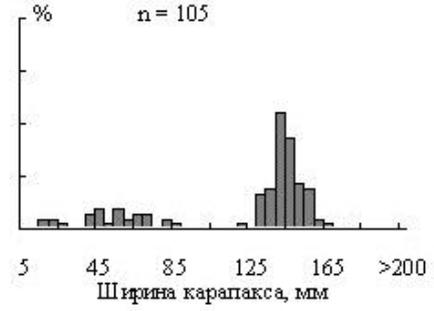
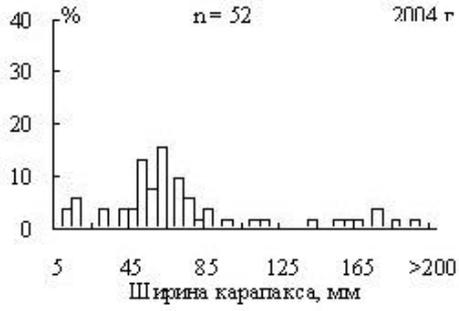
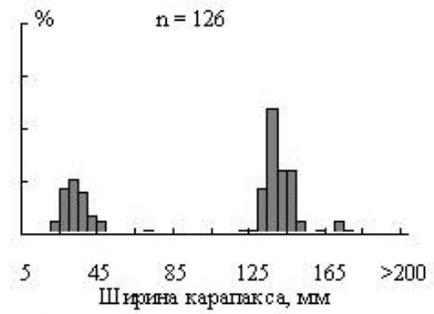
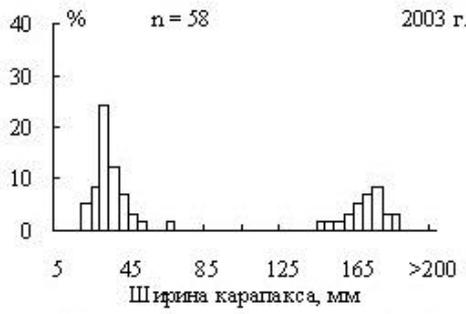
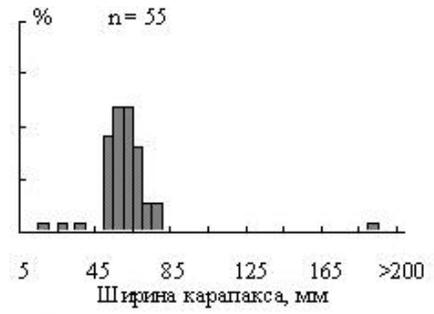
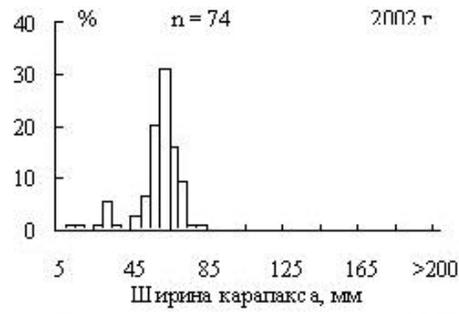
Анализ размерного состава указывает на периодические колебания модальных размерных классов неполовозрелых крабов (рис. 1). Например, в 2003 г. среди самцов *Paralithodes camtschaticus* преобладали особи модального размерного класса 30 мм по ширине карапакса, а в следующем, 2004 г., доминировали особи с шириной карапакса 50 и 60 мм. В 2005 году среди самцов четко различались две возрастные группы особей с модальными размерами 15 мм по ширине карапакса (однолетние крабы), которые доминировали, и особи с шириной карапакса 35 мм (крабы старше двух лет). В 2006 году наблюдалась схожая картина, однако лидирующее положение занимали особи, принадлежавшие к размерному классу 35 мм. В 2007 году среди неполовозрелых самцов также преобладали крабы с шириной карапакса 35 мм, хотя их доля по сравнению с предыдущими годами была значительно выше. В 2008 году в уловах были отмечены только неполовозрелые особи.

Соотношение полов отличалось у неполовозрелых и половозрелых особей *Paralithodes camtschaticus*. Среди неполовозрелых крабов примерно поровну были представлены самцы и самки, а среди половозрелых особей абсолютно преобладали самки. В отдельные годы крупные самцы в уловах отсутствовали (табл. 1).

Морфометрические показатели проанализированных камчатских крабов из губы Дальнезеленецкая представлены в табл. 2. Максимальный размер самки составил 187.1, самца – 227.0 мм.

Для сравнения полученных данных с результатами исследований камчатского краба в других районах Мирового океана необходимы коэффициенты пересчета морфометрических показателей. Для камчатского краба зависимость между размерными величинами имеет тесный линейный характер (Кузьмин, Гудимова, 2002). Для губы Дальнезеленецкая нами были подсчитаны соответствующие зависимости основных морфометрических показателей друг от друга (табл. 3).

Рис. 1. Размерный состав водолазных уловов камчатского краба в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря в летний период 2002–2008 г. (справа – самки, слева – самцы, n – количество проанализированных крабов)



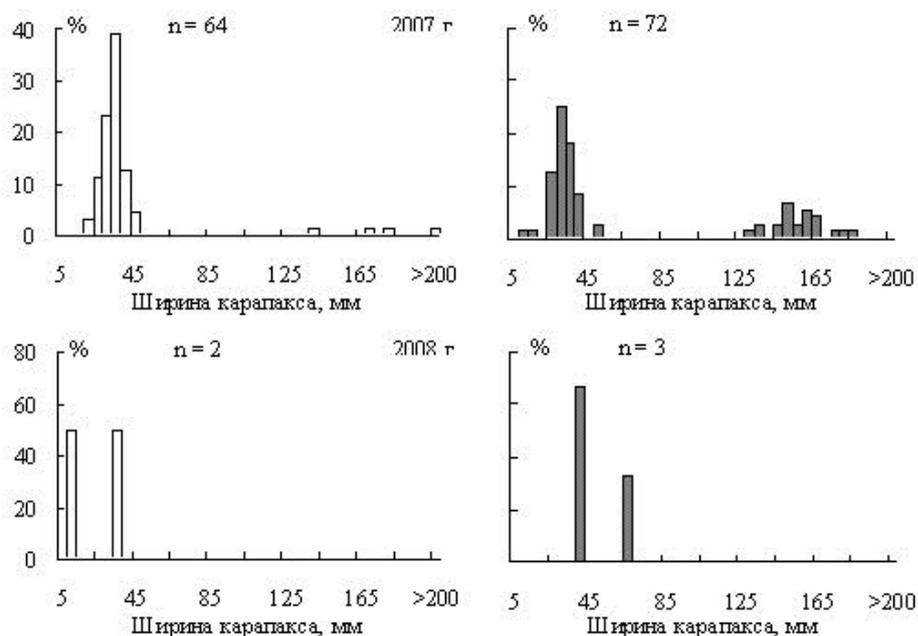


Рис. 1. Окончание

Т а б л и ц а 1

Соотношение полов неполовозрелых (ширина карапакса менее 100 мм) и половозрелых (ширина карапакса более 100 мм) камчатских крабов в губе Дальнезеленецкая в летний период 2002–2008 гг. и сравнение данных с теоретическим распределением 1:1

Год	Неполовозрелые крабы					Половозрелые крабы				
	М	F	М:F	χ^2	p	М	F	М:F	χ^2	p
2002	74	54	1.37	3.13	0.072	0	1	–	–	–
2003	37	45	0.82	0.78	0.269	21	81	0.26	35.29	< 0.001
2004	42	28	1.50	2.80	0.087	10	77	0.13	51.60	< 0.001
2005	92	93	1.00	0.01	0.415	0	151	–	–	–
2006	86	73	1.18	1.06	0.230	0	19	–	–	–
2007	60	50	1.20	0.91	0.251	4	22	0.18	12.46	< 0.001
2008	2	3	0.67	0.20	0.372	0	0	–	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ. М – самцы, F – самки, М:F – соотношения самцов и самок, χ^2 – значение критерия “хи-квадрат”, p – уровень достоверности отличий от распределения 1:1.

У неполовозрелых особей *Paralithodes camtschaticus* соотношение ширины и длины карапакса ШК:ДК статистически не отличалось у самцов и самок (тест Манна-Уитни, $p > 0.05$). В случае половозрелых крабов соотношение ШК:ДК было достоверно большим у самцов, чем у самок (тест Манна-Уитни, $p < 0.005$).

Длина меруса и отношение длины меруса к ширине карапакса (ДМ:ШК) у неполовозрелых особей самцов и самок достоверно не отличалась ($p > 0.05$), в то время как среди половозрелых крабов наблюдались достоверно более высокие значения длины меруса и соотношения ДМ:ШК у самцов по сравнению с самками (табл. 4).

Т а б л и ц а 2

Размерно-весовые показатели камчатских крабов
в губе Дальнезеленецкая в летний период 2002–2008 гг.

Показатель	Мин	Макс	Среднее	SD	SE	Медиана
Самцы						
ШК, мм	9.10	227.00	48.33	39.13	1.90	35.55
ДК, мм	9.20	191.00	45.46	33.54	1.63	34.84
ДМ, мм	4.00	178.50	36.03	32.61	1.66	25.72
ПКД, мм	4.50	105.00	17.41	11.76	0.64	15.96
ПКВ, мм	1.84	63.20	12.25	8.31	0.45	10.50
Масса, г	0.38	4972.00	253.06	725.32	35.31	28.35
Самки						
ШК, мм	7.90	187.10	89.56	55.33	2.10	124.75
ДК, мм	8.52	172.60	83.60	50.33	1.91	113.25
ДМ, мм	2.29	197.00	60.73	37.99	1.52	55.30
ПКД, мм	4.60	61.50	31.05	18.04	0.80	22.30
ПКВ, мм	2.40	45.90	22.08	13.11	0.58	17.75
Масса, г	0.20	6182.00	856.84	873.69	33.70	212.00

ПРИМЕЧАНИЕ. ШК – ширина карапакса, ДК – длина карапакса, ДМ – длина меруса III правого перепода, ПКД – длина правой клешни, ПКВ – высота правой клешни, SD – стандартное отклонение, SE – стандартная ошибка среднего.

Т а б л и ц а 3

Линейные зависимости между основными размерными показателями
камчатского краба в губе Дальнезеленецкая

Самцы			Самки		
Уравнение	R ²	n	Уравнение	R ²	n
ДК = 0.8244 ШК + 5.3292	0.9976	541	ДК = 0.9085 ШК + 2.2377	0.9977	694
ШК = 1.2101 ДК – 6.2546	0.9976	541	ШК = 1.0982 ДК – 2.2544	0.9977	694
ДМ = 0.8347 ШК – 3.4638	0.9953	501	ДМ = 0.6787 ШК + 1.4951	0.9795	623
ШК = 1.1925 ДМ + 4.5113	0.9953	501	ШК = 1.4431 ДМ – 0.3675	0.9795	623
ДМ = 1.0116 ДК – 8.701	0.9943	501	ДМ = 0.7461 ДК – 0.0904	0.9799	623
ДК = 0.9829 ДМ + 8.9653	0.9943	501	ДК = 1.3135 ДМ + 1.7561	0.9799	623

ПРИМЕЧАНИЕ. Обозначения см. табл. 2.

Т а б л и ц а 4

Сравнение длины меруса третьего правого перепода и отношения длины меруса к ширине карапакса (ДМ:ШК) у половозрелых самок и самцов камчатского краба в губе Дальнезеленецкая в летний период

Год	Длина меруса, мм				p	ДМ:ШК		
	самки		самцы			самки	самцы	p
	x±SE	медиана	x±SE	медиана		медиана	медиана	
2003	109.8±2.3	111.0	143.2±1.7	142.0	< 0.001	0.703	0.836	< 0.001
2004	104.3±1.9	98.0	139.9±5.8	133.9	0.001	0.690	0.839	< 0.001
2007	107.2±6.9	89.2	145.2±13.6	144.9	0.014	0.665	0.826	0.006

ПРИМЕЧАНИЕ. x – среднее, p – уровень достоверности отличий для критерия Манна-Уитни.

Зависимость высоты клешни от длины карапакса у половозрелых и неполовозрелых самцов камчатского краба, по которой определяли размер наступления морфометрической половозрелости, представлена на рис. 2. Исходя из уравнений роста было найдено, что длина карапакса краба при наступлении половозрелости составляет 81.0 мм, что соответствует ширине карапакса 91.8 мм (расчет по формуле из табл. 3).

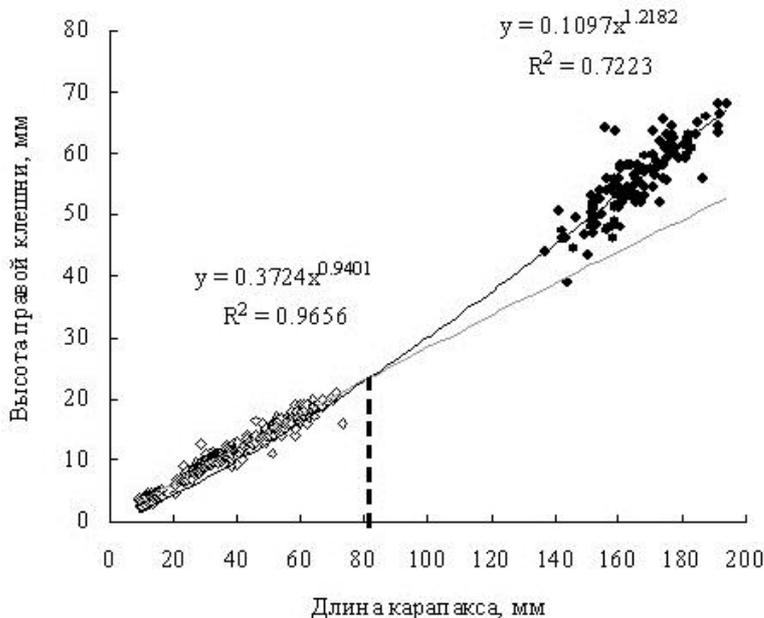


Рис. 2. Рост правой клешни камчатского краба по мере увеличения ширины карапакса у заведомо неполовозрелых (ширина карапакса < 70 мм) и половозрелых (ширина карапакса > 130 мм) самцов камчатского краба в губе Дальнезеленецкая

Рассчитать размер наступления морфометрической половозрелости у самок не удалось из-за небольшого количества особей с шириной карапакса 100–120 мм. Именно при этом размере большинство авторов отмечает 50 %-ю половозрелость самок (Somerton, 1980). Данному размерному классу в ходе наших исследований соответствовало только три самки, и все они несли наружную икру. Минимальный размер икрной самки в губе Дальнезеленецкая составил 108.3 мм по ширине карапакса.

Соотношение в уловах самок *Paralithodes camtschaticus*, несущих икру разных стадий зрелости, представлено на рис. 3. Наиболее часто встречались самки стадии зрелости 1 (икра новая фиолетового цвета), реже – самки с икрой стадии зрелости 1–2 (икра бурая). Самки стадии зрелости 2 (с глазками) были отмечены только в 2004 г.

Наиболее часто в водолазных уловах в губе Дальнезеленецкая попадались крабы с новым экзоскелетом – вторая стадия линьки. Все половозрелые самки с 2002 по 2006 гг. характеризовались именно этой стадией линьки. В 2007 году 13.6 % крупных самок в уловах имели мягкий экзоскелет (первая стадия линьки). Среди неполовозрелых самок отмечены единичные находки особей с экзоскелетом третьей стадии линьки, которая у мелких крабов может быть выделена в большей мере условно.

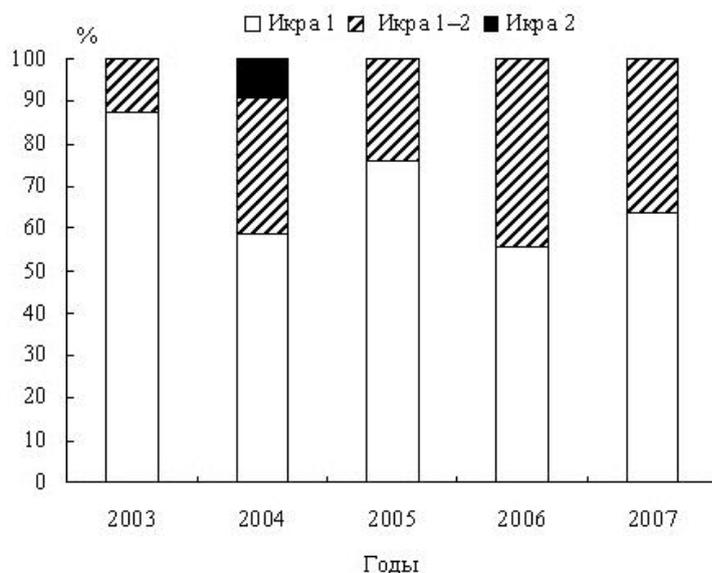


Рис. 3. Частота встречаемости самок камчатского краба с наружной икрой разных стадий зрелости в губе Дальнезеленецкая в летний период 2003–2007 гг.

Преобладали также особи второй стадии личиночного цикла. Их доля могла достигать 100 %, как это было отмечено в 2002 и 2003 гг. В остальные годы в уловах регистрировали особей первой стадии линьки. Их вклад в общую численность колебался в пределах от 2.7 до 10.7 % в 2006 и 2005 гг. соответственно. Среди крупных самцов чаще встречались особи третьей стадии линьки.

Численность камчатского краба в губе Дальнезеленецкая в летний период 2004–2007 гг. колебалась в пределах от 4000 до 7500 экз. (рис. 4). В 2008 году нами было отмечено резкое снижение численности камчатского краба (350 экз.). Как видно из рис. 1, в 2008 г. на стандартных разрезах водолазами было отловлено только 5 неполовозрелых особей.

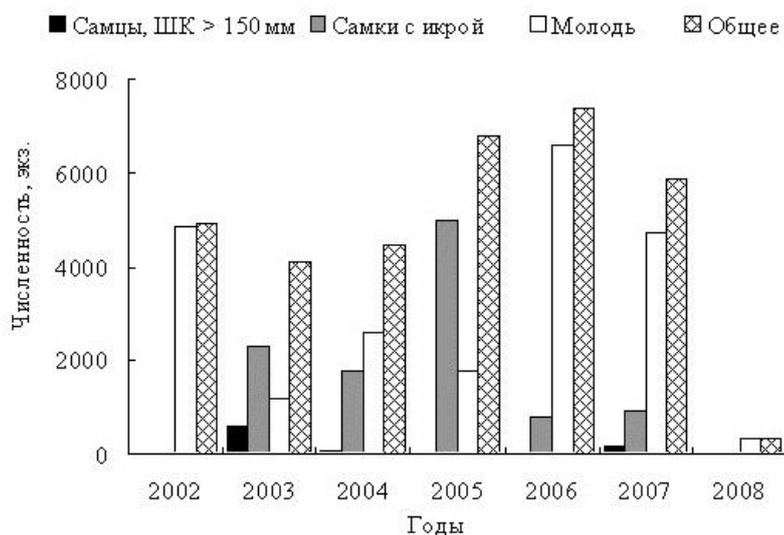


Рис. 4. Динамика численности камчатского краба в губе Дальнезеленецкая в летний период 2002–2008 гг.

Травмированность неполовозрелых крабов в 2003–2006 гг. находилась примерно на одном уровне ($df = 3, \chi^2 = 6.04, p = 0.11$) (рис. 5), составив в общем 35.7 % (в том числе 16.3 % крабов, имеющих, как минимум, одну полностью отсутствующую конечность). Для половозрелых особей обнаружена тенденция повышения частоты встречаемости особей с поврежденными конечностями от 2003 к 2006 гг. ($df = 3, \chi^2 = 25.879, p < 0.001$), средний показатель достигал 58.0 % (из них у 30.9 % крабов полностью отсутствовала хотя бы одна конечность).

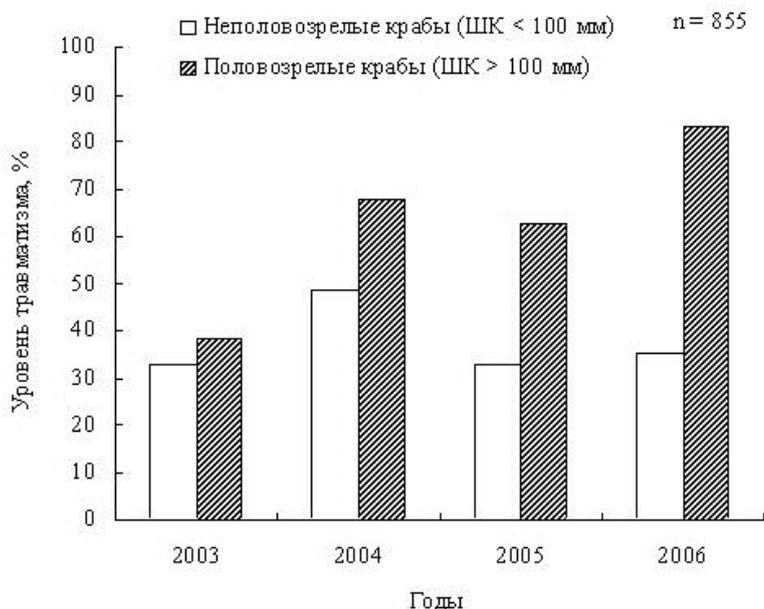


Рис. 5. Уровень травматизма конечностей неполовозрелых и половозрелых камчатских крабов в губе Дальнезеленецкая в 2003–2006 гг. (n – количество проанализированных крабов)

С повышением размеров тела уровень травматизма *Paralithodes camtschaticus* возрастал (рис. 6). Достоверно более высокие уровни травматизма были выявлены в старших размерных классах как для самцов ($df = 4, \chi^2 = 14.91, p = 0.049$), так и для самок ($df = 4, \chi^2 = 43.97, p < 0.001$). В то же время уровень травматизма самцов и самок достоверно не отличался в размерных классах с шириной карапакса менее 150 мм ($df = 1, p > 0.05$), однако среди наиболее крупных особей с шириной карапакса более 150 мм травмированность самок была достоверно выше, чем самцов ($df = 1, \chi^2 = 11.504, p < 0.001$).

Анализ распределения повреждений относительно оси тела краба показал, что у неполовозрелых особей все конечности травмируются примерно в равной степени (рис. 7а) как для левой ($df = 3, \chi^2 = 5.544, p = 0.136$), так и для правой части тела ($df = 3, \chi^2 = 1.618, p = 0.655$).

У половозрелых особей *Paralithodes camtschaticus* наблюдалось повышение частоты травмированности конечностей от передних к задним (рис. 7б) как для левой ($df = 3, \chi^2 = 28.437, p < 0.001$), так и для правой стороны тела ($df = 3, \chi^2 = 8.694, p = 0.033$). У неполовозрелых особей частота повреждения левых конечностей достоверно не отличалась от травмированности правых ($df = 1, \chi^2 = 1.467, p = 0.226$). У половозрелых крабов конечности правой части тела травмировались чаще, чем левой ($df = 1, \chi^2 = 12.848, p < 0.001$), а наиболее выраженные отличия обнаружены для клешней ($df = 1, \chi^2 = 10.416, p < 0.001$).

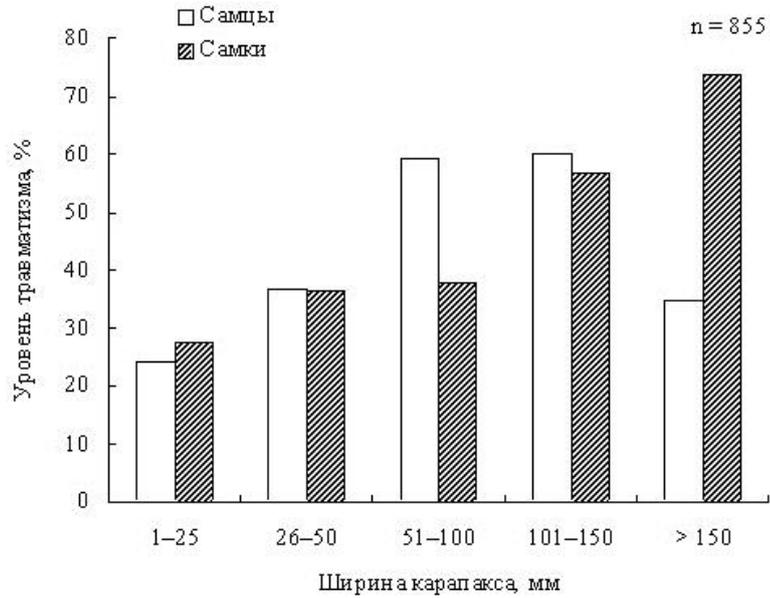


Рис. 6. Уровень травматизма самцов и самок камчатского краба разных размерных групп в губе Дальнезеленецкая в 2003–2006 гг. (n – количество проанализированных крабов)

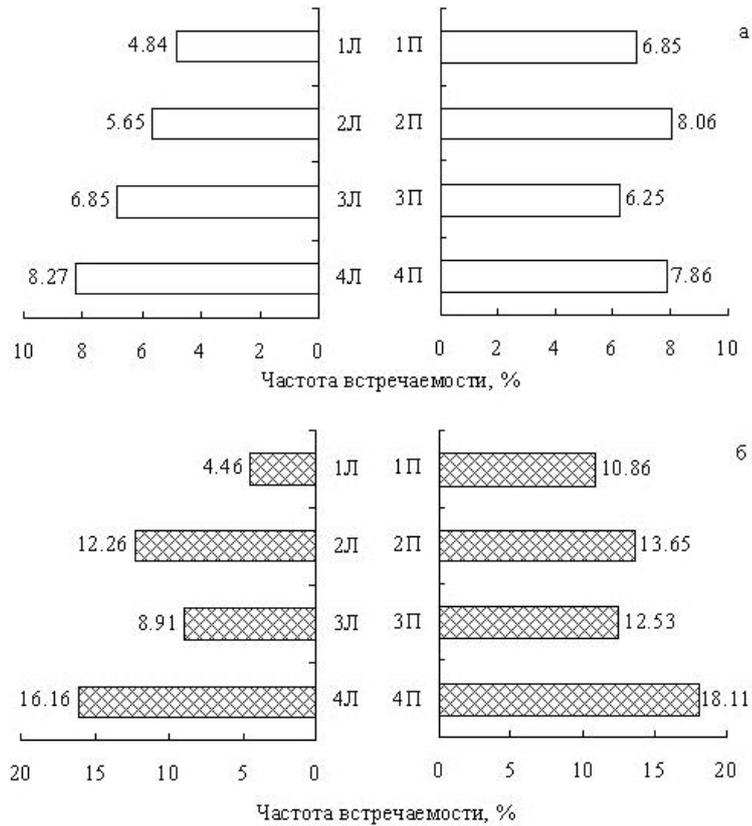


Рис. 7. Количество поврежденных ног вдоль оси тела камчатских крабов в губе Дальнезеленецкая по результатам исследований 2003–2006 гг.:

а – неполовозрелые крабы; б – половозрелые крабы; Л – левая сторона тела, П – правая сторона тела. Цифры на оси ординат указывают порядковый номер конечности

В губе Дальнезеленецкая на глубине 5–40 м на крабах зарегистрировано 43 вида ассоциированных организмов (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Таксономический список организмов, отмеченных на камчатских крабах, и индексы заселенности хозяев (\pm SE) в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря в 2004–2008 гг.

Таксон	Экстенсивность заселения, %	Средняя интенсивность заселения, экз.
Hydrozoa		
<i>Coryne hincksii</i> Bonnevie, 1898	0.23	–
<i>Gonothyraea loveni</i> (Allman, 1859)	0.23	–
<i>Halecium beanii</i> (Johnston, 1838)	0.46	–
<i>Halecium labrosum</i> Alder, 1859	0.11	–
<i>Halecium marsupiale</i> Bergh, 1887	0.11	–
<i>Obelia geniculata</i> (L., 1758)	3.91	–
<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)	4.37	–
Nemertini		
Nemertini g. sp.	0.92	2.4 \pm 0.7
Polychaeta		
<i>Bushiella</i> (<i>Jugaria</i>) <i>similis</i> (Bush, 1905)	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Chone</i> sp.	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Circeis armoricana</i> Saint-Joseph, 1894	1.38	8.3 \pm 4.5
<i>Eumida sanguinea</i> (Oersted, 1843)	0.69	1.0 \pm 0.0
<i>Harmothoe imbricata</i> (L., 1767)	2.18	1.8 \pm 0.4
<i>Harmothoe impar impar</i> (Johnston, 1839)	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Lepidonotus squamatus</i> (L., 1767)	0.23	1.0 \pm 0.0
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)	0.11	1.0 \pm 0.0
Syllidae g. sp.	0.23	1.0 \pm 0.0
<i>Typosyllis armillaris</i> (O.F. Müller, 1776)	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Thelepus cincinnatus</i> (Fabricius, 1780)	0.11	1.0 \pm 0.0
Hirudinea		
<i>Crangonobdella fabricii</i> (Malm, 1863)	0.46	1.0 \pm 0.0
<i>Johanssonia arctica</i> (Johansson, 1898)	1.72	1.6 \pm 0.2
<i>Platibdella olriki</i> (Malm, 1863)	0.11	1.0 \pm 0.0
Bivalvia		
<i>Heteranomia scuamula</i> (Linne, 1767)	0.57	1.6 \pm 0.2
<i>Hiatella arctica</i> (Linne, 1767)	0.92	2.4 \pm 0.7
<i>Modiolus modiolus</i> (L., 1758)	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Musculus discors</i> (Linne, 1767)	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Mytilus edulis</i> Linne, 1758	3.79	2.5 \pm 0.4
Gastropoda		
<i>Margarites</i> sp.	0.11	1.0 \pm 0.0
<i>Mohrensternia</i> sp.	0.23	1.0 \pm 0.0
Amphipoda		
<i>Caprella septentrionalis</i> Krøyer, 1838	0.23	1.0 \pm 0.0
<i>Ischyrocerus commensalis</i> Chevreux, 1900	30.57	53.8 \pm 3.2
<i>Ischyrocerus anguipes</i> Krøyer, 1838	15.29	6.3 \pm 1.0
<i>Gammarellus homari</i> (Fabricius, 1779)	0.92	1.4 \pm 0.3
Cirripedia		
<i>Balanus crenatus</i> Brugiere, 1789	2.87	2.9 \pm 0.5
<i>Balanus balanus</i> (Linne, 1758)	0.11	1.0 \pm 0.0
Bryozoa		
<i>Doryporella spathulifera</i> (Smitt, 1868)	0.11	–
<i>Crisia denticulata</i> (Smitt, 1865)	0.57	–
<i>Callopora lineata</i> (L., 1767)	1.26	–
<i>Lichenopora hispida</i> (Fleming, 1828)	0.80	–
<i>Lichenopora verrucaria</i> (Fabricius, 1780)	0.11	–
<i>Tricellaria gracilis</i> (Van Beneden, 1848)	0.23	–
<i>Scrupocellaria arctica</i> (Smitt, 1868)	0.57	–
Echinodermata		
<i>Ophiura robusta</i> (Aures, 1851)	0.11	1.0 \pm 0.0

ПРИМЕЧАНИЕ. Интенсивность заселения определяли для неколониальных видов.

На глубине 5–40 м общее количество крабов, заселенных хотя бы одним из отмеченных видов, составило, экз.: 134 в 2004, 62 в 2005, 29 в 2006, 56 в 2007, 3 в 2008 гг. Всего за период исследований на всем диапазоне глубин экстенсивность заселения камчатских крабов в губе Дальнезеленецкая в среднем была достаточно высокой – 35.96 %. Наиболее часто на крабах встречали бокоплавов *Ischyrocerus commensalis* и *I. anguipes*, для которых установлены наибольшие значения индексов заселенности.

Анализ полученных результатов. Наблюдаемые полимодальные распределения камчатского краба младших возрастных групп позволяют оценивать темпы роста молоди (Кузьмин, Гудимова, 2002). Для неполовозрелых крабов годовой прирост может быть оценен на уровне 20 мм по ширине карапакса. Так, например, среди самцов в 2003 г. преобладали крабы с шириной карапакса 30 мм, а в 2004 г. – 50 мм. В 2005 году как для самцов, так и для самок мы регистрировали доминирование крабов с модальной шириной карапакса 15 мм, а в следующем 2006 г. превалировали особи с шириной карапакса 35 мм. Наши данные хорошо согласуются с результатами, полученными для камчатского краба Баренцева моря по результатам мечения (Кузьмин, Гудимова, 2002) и аквариальных наблюдений (Дворецкий, 2004; Кузьмин, Дворецкий, 2005).

Наиболее часто в уловах встречались крабы с шириной карапакса 40–60 мм. Ранее подобную закономерность отмечали и другие авторы (Переладов, 2003). Обращает на себя внимание относительно низкая встречаемость неполовозрелых особей с шириной карапакса более 60 мм, что указывает на их высокую смертность. Такая же закономерность была выявлена ранее (Соколов, Милютин, 2006а), что, может быть, связано с изменениями стереотипов оборонительного поведения (Переладов, 2003) или более активными миграциями, которые делают крабов рассматриваемой размерной группы более уязвимыми к прессу хищников, прежде всего трески и зубатки (Соколов, Милютин, 2006б).

Наблюдаемая картина соотношения полов является довольно типичной для камчатского краба в различных районах его обитания (Соколов, Милютин, 2006а). Молодь, 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). Именно в этот период времени обычно не обнаруживают каких-либо значимых отклонений соотношения полов в популяции от теоретического уровня 1:1 (Кузьмин, Гудимова, 2002). Однако впоследствии самцы мигрируют на большие глубины (Кузьмин, Гудимова, 2002), а самки остаются в прибрежной зоне (Переладов, 2003) и перемещаются на значительные глубины осенью (Моисеев, 2006). Сходные особенности распределения крабов, обусловленные миграциями половозрелых особей, регистрировали ранее у берегов Аляски (Takeshita et al., 1990).

Как показали наши исследования, у неполовозрелых крабов не прослеживается достоверных отличий и в морфометрических показателях особей разного пола, и в соотношении ширины к длине карапакса, что вполне согласуется с данными других авторов (Кузьмин, Гудимова, 2002) и объясняется схожим уровнем роста ювенильных самцов и самок. В случае половозрелых крабов соотношение ШК:ДК было больше у самцов, чем у самок. Действительно, затраты самок *Paralithodes camtschaticus* на размножение достаточно велики, по некоторым данным они составляют более половины среднего энергосодержания тела (Paul, Paul, 1996а). По этой причине на соматический рост они могут тратить

меньше энергии, чем самцы, соответственно рост длины карапакса по отношению к ширине у них замедлен. Подобные тенденции хорошо известны для камчатского краба как в Баренцевом море (Кузьмин, Гудимова, 2002), так и в дальневосточных морях (Клитин, 2003).

В губе Дальнезеленецкая у половозрелых крабов отношение длины меруса к ширине карапакса (то есть относительная длина меруса) было больше у самцов по сравнению с самками. Сходная тенденция наблюдалась у камчатского краба у западного побережья Сахалина (Клитин, 2003). Различия в размерах ходильных ног особей разного пола могут быть обусловлены тем, что самцы совершают миграции чаще и преодолевают большие расстояния во время миграций (Клитин, 2003).

Согласно нашим данным, размер наступления половозрелости самцов камчатского краба составляет 81.0 мм по длине карапакса (91.8 мм по ширине карапакса). Эти показатели существенно ниже тех, что приводятся для норвежской части Варангер-фьорда, где размер половозрелости самцов достигал 110 мм по длине карапакса (Rafter et al., 1996). Полученные нами показатели ниже значений, указанных для камчатского краба, обитающего у берегов Сахалина (Клитин, 2003) и в прибрежных водах Аляски, где длина карапакса половозрелых самцов составляла около 90–100 мм (Gray, Powell, 1966).

Более поздние исследования, основанные на использовании морфометрических данных, показали, что в Беринговом море размер, при котором 50 % самцов *Paralithodes camtschaticus* достигают половозрелости, равен 103 мм по длине карапакса (Somerton, 1980). Известно, однако, что даже полностью зрелые самцы не всегда принимают участие в размножении. Например, водолазными исследованиями в Беринговом море установлено, что фактические размеры самцов, которые находились в позе “рукопожатия” с самками, обычно превышали 120 мм по длине карапакса (Powell et al., 1974), это же подтверждается данными экспериментальных работ (Paul, Paul, 1990b).

Для Баренцева моря размер самцов, которые были отмечены в парах с самками, составляет 130 мм по ширине карапакса (Кузьмин, Гудимова, 2002). Можно предположить, что относительно небольшие размеры половозрелости самцов в губе Дальнезеленецкая по сравнению с западными районами Баренцева моря связаны с влиянием гидрологических условий, прежде всего, температуры воды (Stevens, Munk, 1990), которая в данном районе ниже, чем в губах Западного Мурмана (Бойцов, 2006).

Как показали наши исследования, в летних уловах чаще встречались самки с фиолетовой икрой. Подобная картина является довольно типичной для Баренцева моря (Кузьмин, Гудимова, 2002). Также известно, что икра на стадии глазка обычно характерна для второй половины годового цикла развития. Ее встречаемость в конце августа 2004 г., по всей видимости, объясняется колебаниями гидрологических факторов, способствующих ускорению развития.

Распределение в уловах крабов разных стадий линьки, которое характеризовалось преобладанием особей второй стадии линьки среди неполовозрелых особей и икраемых самок, а также более высокой встречаемостью крабов третьей стадии линьки среди половозрелых самцов, довольно закономерно. Крупные самки обычно линяют ежегодно после спаривания, в то время как для самцов характерны пропуски линьки, которые регистрируются у животных, начиная с ширины карапакса 110 мм (Кузьмин, Гудимова, 2002), что и ведет к более высокой встречаемости особей со старым экзоскелетом среди самцов.

Мы выяснили, что на протяжении 2002–2007 гг. популяция камчатского краба находилась в относительно стабильном состоянии. Численность краба соответствовала среднегодовым показателям (Соколов, Милютин, 2006а). В уловах всегда присутствовали крупные самки. В отдельные годы также были отмечены и половозрелые самцы, для которых обычно характерно преобладание на больших глубинах (Кузьмин, Гудимова, 2002). В 2008 году мы наблюдали резкое снижение численности камчатского краба в губе Дальнезеленецкая.

По нашему мнению, существует несколько возможных причин, которые могли привести к подобной ситуации.

Во-первых, укажем на влияние океанологических факторов, прежде всего, температуры воды, которая в Арктике существенно повысилась за последние годы (Бойцов, 2006; Климат ..., 2011). По нашим данным (водолазные отчеты), действительно прослеживалось некоторое повышение температуры воды в придонном слое.

Во-вторых, определенное воздействие могло оказать ухудшение кормовой базы краба. Логично предположить, что за период развития группировки *P. camtschaticus* в губе Дальнезеленецкая кумулятивный эффект выедания крабами бентоса проявился в снижении численности кормовых объектов и, следовательно, самого краба. Благодаря визуальным наблюдениям выявлено некоторое снижение численности морских звезд и ежей в губе Дальнезеленецкая в 2008 г., однако ранее было показано, что краб незначительно повлиял на бентос губы Дальне-зеленецкая из-за низкой плотности поселения (Павлова, 2011), поэтому гипотезу о подрыве кормовой базы краба следует считать маловероятной.

Другим немаловажным фактором, который мог оказать влияние на краба, следует признать антропогенное воздействие. Известно, что объем нелегального вылова камчатского краба на Восточном Мурмане достигает значительных масштабов. По неофициальным данным, в районе губы Дальнезеленецкая установлено несколько десятков порядков браконьерских ловушек. При этом нелегальный лов изымает не только самцов, но и самок. Вполне вероятно, что в период нерестовых миграций к берегу значительная часть крупных крабов (прежде всего самок) была выловлена. Это, однако, не объясняет резкого уменьшения количества молоди.

Другой важной проблемой стоит признать рекреационный дайвинг, уровень которого за последние несколько лет достиг в губе Дальнезеленецкая значительной величины (Дворецкий, Дворецкий, 2009, 2010). Главными объектами лова водолазов-любителей (как правило, нелегального) является камчатский краб.

Частота встречаемости повреждений неполовозрелых крабов в губе Дальнезеленецкая в целом соответствовала показателям, отмеченным ранее для указанной возрастной группы (Соколов, Милютин, 2008). Травмирование конечностей мелких крабов обусловлено прессом хищников, преимущественно различных видов рыб (Edwards, 1972; Кузьмин, Гудимова, 2002; Соколов, Милютин, 2008). При этом следует указать на то, что поврежденность конечностей половозрелых крабов, которую мы отмечали в губе Дальнезеленецкая, была существенно выше, чем на больших глубинах, где эта величина редко достигала 20 % (Кузьмин, Гудимова, 2002; Моисеев, 2006; Пинчуков, 2006; Соколов, Милютин, 2008).

Напомним, что лов краба на больших глубинах проводился при помощи тралов и ловушек. Нами выявлена высокая частота встречаемости травмированных особей (до 83 % у половозрелых крабов), кроме того, аномально много было крабов с отсутствующими конечностями. Все это можно связать с антропоген-

ной нагрузкой на группировку камчатского краба в губе Дальнезеленецкая, где отмечена высокая активность водолазов-любителей, целью которых является лов камчатского краба. Известно, что при атаках хищников, к которым можно отнести и дайверов, краб теряет конечность, за которую его схватили, и пытается сбежать на глубину, поэтому водолазы-любители должны рассматриваться как фактор, вызывающий травмированность конечностей краба.

Количество водолазов существенно возросло в течение периода исследований, что хорошо объясняет наблюдаемую динамику уровня травматизма конечностей камчатского краба. Также в этом районе осуществляется и незаконный лов краба, ведущий к повышению травмированности крабов. Поскольку в сферу интересов браконьеров входят преимущественно крупные крабы, общая травмированность конечностей возрастает по мере увеличения размеров животных.

Травмированность особей разного пола достоверно отличалась только среди особей с шириной карапакса более 150 мм. Можно предположить, что это связано с разницей в биологии самцов и самок. Известно, что крупные самцы могут “пропускать” ежегодную линьку, тогда как самки линяют каждый год, поэтому период времени, когда они имеют мягкий панцирь и подвержены травмам конечностей, у них больше, чем у самцов. При этом нельзя исключать возможное травмирование самок самцами во время спаривания (Кузьмин, Гудимова, 2002; Кузьмин, Дворецкий, 2006).

Равномерное распределение повреждений конечностей относительно оси тела у неполовозрелых крабов обусловлено тем, что при нападениях хищников мелкие крабы движутся обычно в разных направлениях (Переладов, 2003), т. е. риск потери каждой конечности примерно одинаков. У половозрелых крабов чаще терялись конечности четвертой пары ног. Это объясняется тем, что хищники (к которым могут быть отнесены и водолазы) предпочитают атаковать краба с задней стороны тела, опасаясь клешней.

Отмечено, что у взрослых крабов частота повреждений конечностей правой стороны тела была выше, чем левой, за счет более частой потери ног передней пары (клешней). Правая клешня, которая у камчатского краба крупнее, чем левая, используется для дробления пищевых объектов, защиты от нападения хищников и при внутривидовых столкновениях, как и у других видов крабов, имеющих отличающиеся по функциям левые и правые клешни (Juanes, Smith, 1995). Вследствие этого вероятность повреждения именно правой клешни гораздо выше, чем левой. Повреждения клешней оказывают негативное влияние на популяцию камчатского краба. Известно, что при спаривании самец в течение нескольких суток удерживает самку в так называемой позе “рукопожатия” (Кузьмин, Гудимова, 2002). Поэтому потери клешненосных конечностей делают самцов неполноценными партнерами при спаривании.

Таким образом, высокий уровень встречаемости аутомированных конечностей, отмеченный нами в губе Дальнезеленецкая, обусловлен в значительной степени влиянием пресса хищников (в случае неполовозрелых особей) и нелегального вылова, в том числе рекреационного дайвинга (в случае половозрелых крабов).

Наши исследования позволили существенно расширить и дополнить список беспозвоночных, обитающих на камчатском крабе. Известно, что у побережья Западного Сахалина среди симбионтов встречаются виды, которые были обнаружены и в наших исследованиях – амфиподы *Ischyrocerus commensalis*, гидрои-

ды *Obelia longissima*, пиявки *Crangonobdella fabricii* (Клитин, 2003). В отличие от Баренцева моря, в морях Дальнего Востока рыба-пиявка *Johanssonia arctica* обнаруживается крайне редко. На крабах в Тихоокеанском регионе распространен другой вид – *Notostomum cyclostomum*. Стоит указать на то, что в состав симбионтов равношипного краба, который обитает в том же районе, но на больших глубинах, входят другие организмы, а основным симбионтом является пиявка *Crangonobdella fabricii* (Живоглядова, 2006).

Примечательно, что обнаруженные нами виды симбионтов поселяются и на других ракообразных. Массовый симбионт камчатского краба в губе Дальнезеленецкая амфипода *Ischyrocerus commensalis* – это довольно распространенный сожитель представителей отряда Decapoda. Данный вид встречали на крабах-стригунах *Chionoecetes opilio* (Steele et al., 1986), на крабах *Hyas araneus* (Vader, 1996), *Lithodes maja* (Dvoretsky, Dvoretsky, 2008). *Ischyrocerus commensalis* также колонизирует раков-отшельников у берегов Канады (Williams, McDermott, 2004).

Большинство других видов, зарегистрированных на крабах, относятся к группе обрастателей: балянусы, мидии, сидячие полихеты, гидроиды, мшанки. Панцирь камчатского краба выступает для них в качестве удобного субстрата для поселения, позволяя расселяться на значительные территории. В этом отношении следует выделить гидроид *Coryne hincksii*. Данный вид в Баренцевом море был описан Л.Шеурингом (Sheuring, 1922) на других гидроидах, а также как обрастатель панцирей крабов *Hyas* sp. После данной регистрации его в пробах бентоса больше не находили. Однако на камчатских крабах данный вид был встречен в губе Дальнезеленецкая. Еще раньше его фиксировали на крабах в губе Амбарная (Пантелеева, 2003). Предполагается, что *Coryne hincksii* обладает видоспецифичностью к субстрату. Последние находки этого гидроида отмечены только на *Paralithodes camtschaticus*. Таким образом, вид *Coryne hincksii* можно считать облигатным симбионтом камчатского краба.

Опыт практического применения результатов исследований. Нелегальный вылов камчатского краба в Баренцевом море на современном этапе достиг значительных масштабов. Об этом косвенно свидетельствуют данные о количестве уголовных дел, заведенных по фактам незаконного вылова камчатского краба. В частности, только в 2008 г. нами было проведено 13 расчетов ущерба по таким делам, а в 2009 г., когда лов краба был запрещен (с января по сентябрь), – по 19 делам. При этом опубликованных данных по масштабам нелегального лова камчатского краба в Баренцевом море нет, хотя в работах некоторых авторов высказывается мнение о высоком уровне браконьерства в водах Мурманска, подтверждаемое изменением репродуктивных показателей самок (Матюшкин, 2005) и значительной долей травмированных особей в популяции (Пинчуков, 2007; Дворецкий, 2008).

Наряду с другими факторами, браконьерский промысел оказал определенное влияние на численность камчатского краба, результатом чего стали временные запреты на добычу этого вида в прибрежных водах Баренцева моря (Приказ ..., 2008, 2009, 2010а,б). Одной из проблем, с которой столкнулись на современном этапе эксплуатации популяции камчатского краба в Баренцевом море, является отсутствие разработанных методик расчета ущерба, нанесенного нелегальным выловом камчатского краба. На основе имеющегося опыта подобных биологических исследований мы предлагаем методику проведения судебных биологических экспертиз по оценке ущерба, нанесенного государству нелегальным выловом камчатского краба.

На первом этапе осуществляется постановка проблемы. В ходе проведения дознания по делам, связанным с незаконным выловом камчатского краба, перед экспертом ставят ряд типовых вопросов. Для их решения требуется, прежде всего, определить:

вид животного, из которого была произведена представленная на экспертизу продукция (комплекты конечностей или мясо разных категорий);

количество животных, из которых было изготовлена представленная на исследование продукция;

половой состав животных, из которых была произведенная представленная на исследование продукция;

размерный состав животных;

ущерб, причиненный биологическим ресурсам Российской Федерации ввиду вылова данного количества биологических объектов.

Предлагаемая нами методика сводится к следующим основным пунктам.

1. Видовая идентификация биологических объектов, представленных на исследование, осуществляется по визуальным признакам. В случае, когда на исследование представлены комплекты конечностей, их видовая принадлежность устанавливается на основе существующих определителей по морфологическим признакам (Руководство ..., 1979; Кузьмин, Гудимова, 2002; Павлов, 2003; Donaldson, Byersdorfer, 2005; Пособие ..., 2006).

В случае, когда на исследование представлено мясо животного, его видовая принадлежность устанавливается на основе органолептических признаков (вкус, цвет, запах), которые для эксперта служат достаточным основанием для определения того, что продукция были произведена из камчатского краба.

Для Баренцева моря особых сложностей для определения принадлежности мяса камчатскому крабу нет, поскольку только этот вид крабов-литодид, имеющий характерные признаки мяса, является массовым в Баренцевом море (Кузьмин, Гудимова, 2002).

2. Определение количества выловленных крабов. Для оценки количества выловленных крабов первоначально определяется общая масса партии биологических объектов, представленных на анализ. Из представленного количества случайным образом отбирается часть объектов для анализа в лабораторных условиях.

Поскольку масса партии может варьировать в широких пределах (от нескольких килограммов до нескольких тонн), встает вопрос о репрезентативной выборке. При малых партиях (до 30 кг) на анализ берется вся продукция, при больших – отбирается часть продукции, как правило, 10–20 % от массы. Согласно нашему опыту, для получения репрезентативных результатов хватает 30 кг биологической продукции (конечностей или мяса). Известно, что для достоверного описания генеральной совокупности необходимо проведение не менее 30 измерений (Лакин, 1990). Количество секций конечностей камчатского краба массой 30 кг составит 30–40 экз., в зависимости от размера (массы) краба. Такого количества вполне достаточно для получения оценки о размерном и половом составе всей партии.

При проведении расчетов по мясу камчатского краба для последующего анализа отбираются только мероподиты (толстые членики) краба.

В лаборатории производится взвешивание отобранной партии биологических объектов и их подсчет. В случае, когда экспертиза проводится по секциям конечностей краба, общее количество особей в отобранном на исследование объеме биологических объектов считают по следующей формуле:

$$N_1 = 0.5 \cdot N_c, \quad (1)$$

где N_1 – число особей краба, необходимое для производства отобранного на исследование количества биологических объектов; N_c – число секций конечностей краба в отобранном объеме.

Для получения общего числа крабов во всей партии биологических объектов производят расчет по следующей формуле:

$$N_0 = \frac{m_0}{m_1} N_1, \quad (2)$$

где N_0 – искомое количество крабов, использованное для производства всей продукции; m_0 – общая масса секций конечностей; m_1 – масса секций, отобранных для лабораторного анализа.

В тех случаях, когда на экспертизу представлено мясо краба или отдельные конечности, отделенные друг от друга, общее количество особей в отобранной партии считается из расчета 6 ходильных конечностей на одного краба. Для более точных расчетов следует принимать поправку на то, что в популяции камчатского краба часть особей имеет неполный набор конечностей.

Для побережья Баренцева моря количество особей камчатского краба, которые имеют хотя бы одну потерянную конечность, может варьировать в широких пределах. Например, в губе Дальнезеленецкая (Восточный Мурман) этот показатель в среднем составляет 30 % для половозрелых особей (Дворецкий, Дворецкий, 2009). В других районах моря эта доля может быть существенно ниже. Поскольку, как правило, точный район лова камчатского краба неизвестен, целесообразно использовать усредненные данные по всему Баренцеву морю. Так, в недавнем исследовании ВНИРО на основе ловушечных и водолазных уловов было показано, что общий уровень травматизма камчатского краба в Баренцевом море составляет 12 %, а в среднем на одного краба приходится одна травмированная конечность (Соколов, Милютин, 2008). Схожие данные были получены специалистами ПИНРО (г. Мурманск) по материалам траловых уловов (Пинчуков, 2007). Таким образом, уровень в 12 % можно использовать при проведении биологических экспертиз.

Таким образом, среднее количество ног (K), приходящееся на одного камчатского краба, составляет:

$$K = D - t, \quad (3)$$

где D – коэффициент, равный 6 (если в партии присутствуют только ходильные конечности) или 8 (если в партии присутствуют ходильные и клешненосные конечности); t – частота потери одной конечности в популяции (в нашем случае $t = 0.12$).

Соответственно общее количество крабов в выборке составит:

$$N_1 = \frac{N'}{K}, \quad (4)$$

где N' – количество мероподитов (или отдельных конечностей в отобранном на исследование материале).

Для получения общего числа крабов во всей партии биологических объектов производят расчет по формуле (2).

3. Определение полового состава крабов, из которых была произведена продукция, представленная на анализ, возможно лишь в том случае, когда эта продукция представлена секциями конечностей или отдельными конечностями.

Известно, что у самок камчатского краба на третьей паре конечностей (вторая пара ходильных ног) находятся гонопоры – отверстия через которые происходит откладка яиц (Donaldson, Byersdorefer, 2005) (рис. 8). Также у половозрелых самок на переюподах наблюдаются желтые волоски, которые у самцов никогда не обнаруживаются. Присутствие в партии биологических объектов (кластеров конечностей), изготовленных из самок, обычно является показателем того, что продукция была произведена нелегально, хотя возможен и случай, когда производство мяса производилось легально, но с незаконным использованием самок.

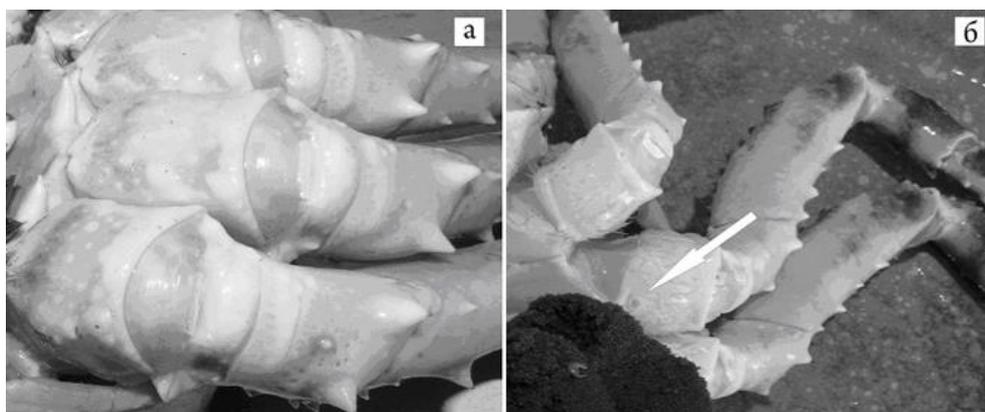


Рис. 8. Конечности самца (а) и самки (б) камчатского краба. Стрелка показывают расположение гонопоров на конечностях самки

4. Определение размерного состава крабов. Важным этапом экспертизы является определение размеров крабов, которые были использованы для производства продукции. Это необходимо для оценки количества особей непромыслового размера. Размеры камчатского краба (ширина карапакса) восстанавливаются по длине меруса третьего правого переюпода, который измеряется при помощи штангенциркуля.

В случае, когда продукция представлена отдельными конечностями, измеряется выборочно каждый шестой переюпод из представленной партии. Когда же на экспертизу представлено мясо камчатского краба, производится измерение каждого шестого мероподита. Поскольку при производстве мяса во время технологической обработки может теряться часть меруса (при отрезании третьего членика), в этом случае будет присутствовать некоторая ошибка, которую можно снизить путем прибавления 1–2 см к полученной длине меруса.

После измерения длины мерусов в партии производится пересчет ДМ на ШК при помощи следующих формул:

$$\text{ШК} = 1.1925 \text{ ДМ} + 4.5113 \text{ (для самцов),} \quad (5)$$

$$\text{ШК} = 1.4431 \text{ ДМ} - 0.3675 \text{ (для самок),} \quad (6)$$

$$\text{ШК} = 1.272 \text{ ДМ} + 5.2883. \quad (7)$$

Формулы (5) и (6) применяются, когда известен половой состав крабов, (7) – когда половой состав не известен (в случае экспертизы крабового мяса).

На основе расчетов строится кривая распределения крабов по размерному составу.

Иногда перед экспертом ставится вопрос о массе крабов, которые были использованы для производства представленных на исследование биологических объектов. В этом случае, используя полученные данные по восстановленной ширине карапакса, для каждого краба проводится расчет его массы (М) по следующим формулам (Дворецкий, Дворецкий, 2010):

$$M = 0.0009 \cdot \text{ШК}^{2.9108} \text{ (для самцов),} \quad (8)$$

$$M = 0.0008 \cdot \text{ШК}^{2.2597} \text{ (для самок),} \quad (9)$$

$$M = 0.0008 \cdot \text{ШК}^{2.9452}. \quad (10)$$

Формулы (8) и (9) применяются, когда известен половой состав крабов, (10) – когда половой состав не известен (в случае экспертизы крабового мяса).

5. Расчет ущерба, причиненного водным биоресурсам Российской Федерации. Оценку причиненного ущерба водным биологическим ресурсам в связи с незаконной добычей камчатского краба проводят исходя из количества особей камчатского краба, которое было определено в ходе проведения исследования по формуле

$$C = N_0 \cdot T, \quad (11)$$

где С – сумма ущерба; Т – такса исчисления ущерба за незаконный вылов одного краба, которая на начало 2012 г. составляет 835 рублей за 1 экз. (Постановление ..., 2000).

6. Экспертиза по документам. Приведенная выше процедура исследования применяется, когда присутствует изъятая продукция. Однако зачастую возникает необходимость расчета ущерба по документам, когда продукция для исследования недоступна, например, уничтожена. При этом в постановлении на проведение расчета ущерба указывается масса и вид продукции (конечности краба или мясо).

В этом случае видовую идентификацию проводят по фототаблицам (если они имеются) или не проводят вовсе, полагаясь на то, что в ходе изъятия видовая принадлежность продукции уже была установлена.

Для определения количества уничтоженных особей первоначально устанавливают массу сырой продукции, потребовавшейся для производства того объема, который был изъят. Для этого используется следующая формула:

$$M_c = M_0 \cdot \text{КРС}, \quad (12)$$

где M_c – масса сырья; M_0 – масса изъятой продукции; КРС – коэффициент расхода сырья. Коэффициенты расхода сырья для камчатского краба Баренцева моря опубликованы в работе специалистов ПИПРО (Степаненко, Двинин, 2006) и составляют 1.564 при производстве комплектов конечностей способом рассольного замораживания, 1.847 – способом воздушного замораживания и 4.474 при производстве мяса камчатского краба. Если способ производства конечностей не известен, применяется КРС для воздушного замораживания, поскольку этот способ не требует специального оборудования, которое обычно отсутствует при производстве комплектов конечностей в кустарных условиях.

На следующем этапе определяют количество особей, уничтоженных для получения вычисленного количества сырой продукции по формуле

$$N_1 = \frac{M_c}{M_1}, \quad (13)$$

где M_1 – масса одной особи камчатского краба.

Масса одной особи камчатского краба берется по усредненным расчетам. Масса самца камчатского краба минимального размера, разрешенного к вылову (ширина карапакса 150 мм), составляет в среднем 2 кг (Дворецкий, Дворецкий, 2010). Эта величина была получена для прибрежных районов Баренцева моря.

В случае крупных партий, когда с большой долей уверенности можно утверждать, что краб был добыт на больших глубинах, следует использовать среднюю массу камчатского краба на промысле. Значение этой массы за последние годы уменьшается. По данным 2010 г., она составляет 3 кг (Пинчуков и др., 2011). Для расчета ущерба используется формула (11).

Предложенная методика, которая успешно применяется в практике проведения судебных биологических экспертиз по камчатскому крабу Баренцева моря, может быть использована для расчета ущерба, причиненного Российской Федерацией незаконным выловом камчатского краба также и для других регионов России с учетом тех биологических характеристик, которые характерны для данного вида (уровень травматизма конечностей, размерно-весовые характеристики). Помимо этого, она может быть адаптирована для расчета ущерба от добычи других видов крабов с учетом их биологических особенностей.

Л и т е р а т у р а

Бойцов В.Д. Изменчивость температуры воды Баренцева моря и ее прогнозирование. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2006. 292 с.

Дворецкий А.Г. Предварительные результаты аквариальных наблюдений над молодой камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* // Материалы XXII конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2004. С. 24–32.

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

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Аутономия конечностей камчатского краба в прибрежье Баренцева моря // Докл. РАН. 2009. Т. 429. С. 701–704.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Динамика популяционных показателей камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря в 2002–2008 гг. // Вопросы рыболовства. 2010. Т. 11, № 1(41). С. 100–111.

Дворецкий А.Г., Кузьмин С.А. Симбионты камчатского краба в прибрежье Мурмана Баренцева моря // Вопросы рыболовства. 2008. Т. 9, № 3(35) С. 526–535.

Живоглядова Л.А. Паразиты и эпибионты равношипного краба *Lithodes aequispinus*, Benedicт Курильских островов // Тезисы докладов IX съезда Гидробиологического общества при РАН (г. Тольятти, Россия, 18–22 сентября 2006 г.). Тольятти: Изд. ИЭВБ РАН. 2006. С. 158.

Закс И.Г. Биология и промысел крабов (*Paralithodes*) в Приморье // Вестн. ДФ АН СССР. 1936. Т. 18. С. 49–79.

Зенкевич Л.А. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки // Бюл. МОИП. 1940. Т.49(1). С. 19–32.

Золотарев П.Н. Молодь камчатского краба в Воронке Белого моря // Вопросы рыболовства. 2010. Т. 11, № 1(41). С. 60–64.

Ильин Б.С. Акклиматизация рыб в морях в связи с гидростроительством // Труды совещания по проблемам акклиматизации рыб и кормовых беспозвоночных. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 27–31.

Камчатский краб в Баренцевом море / Отв. ред. Б.И.Беренбойм. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2003. 383 с.

Карсаков А.Л., Пинчуков М.А. Расселение и условия обитания камчатского краба в российских водах Баренцева моря // Вопросы пром. океанол. 2009. Вып. 6, № 1. С. 150–163.

Климат морей Западной Арктики в начале XXI века / Г.Г.Матишов, С.Л.Дженюк, А.П.Жичкин, Д.В.Моисеев // Изв. РАН. Сер. географ. 2011. № 3. С. 17–32.

Клитин А.К. Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) у берегов Сахалина и Курильских островов: биология, распределение и функциональная структура ареала. М.: Изд. ФГУП “Нацрыбресурсы”, 2003. 253 с.

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

Кузьмин С.А., Дворецкий А.Г. Разработка технологий искусственного воспроизводства камчатского краба в условиях Заполярья // Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. М.: Наука, 2005. С. 280–287.

Кузьмин С.А., Дворецкий А.Г. Особенности аутономии и регенерации конечностей камчатского краба в Баренцевом море // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами (Мурманск, 25–29 сентября 2006 г.): Матер. Междунар. конф. Мурманск: Север, 2006. С. 60–62.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.

Матюшкин В.Б. Репродуктивные параметры самок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*, Tilesius) губы Ура Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 2005. Т. 144. С. 212–221.

Моисеев С.И. Некоторые особенности биологии камчатского краба в прибрежной зоне Баренцева моря // Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г.Иванова), Мурманск, 9–13 октября 2006 г. М.: Изд. ВНИРО, 2006. С. 101–104.

Орлов Ю.И. Акклиматизация промысловых крабов: обзор опубликованных материалов за 1936–1996 гг. // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура / ВНИЭРХ. 1996. Вып. 3. 57 с.

Павлов В.Я. Жизнеописание краба камчатского *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1885). М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 110 с.

Павлов С.Д., Шарманкин В.А., Габаев Д.Д. Опыт перевозки живого камчатского краба в Баренцево море // Рыбное хозяйство. 2011. № 6. С. 61–62.

Павлова Л.В. Трофические связи камчатского краба и его воздействие на донные биоценозы // Биология и физиология камчатского краба побережья Баренцева моря. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008а. С. 77–104.

Павлова Л.В. Влияние молоди камчатского краба на прибрежные бентосные сообщества Баренцева моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2008б. 24 с.

Павлова Л.В. Исследование влияния молоди камчатского краба на донные сообщества Баренцева моря // Комплексные исследования больших морских экосистем России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. С. 234–258.

Пантелеева Н.Н. Гидроиды (Cnidaria, Hydrozoa) в обрастании камчатского краба из прибрежной зоны Баренцева моря // Тезисы Международного семинара “Роль климата и промысла в изменении структуры зообентоса шельфа (камчатский краб, исландский гребешок, северная креветка и др.)” (г. Мурманск, 19–21 марта 2003 г.). Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2003. С. 69–70.

Переладов М.В. Некоторые особенности распределения и поведения камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на прибрежных мелководьях Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 2003. Т. 142. С. 103–119.

Пинчуков М.А. Аутономия конечностей камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda: Anomura, Lithodidae) в Баренцевом море // Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г.Иванова), Мурманск, 9–13 октября 2006 г. М.: Изд. ВНИРО, 2006. С. 121–123.

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

Пинчуков М.А., Баканев С.В., Павлов В.А. Камчатский краб // Современное состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики. Мурманск: Изд. ПИНРО, 2011. С. 50–53.

Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России / С.А.Низяев, С.Д.Букин, А.К.Клитин и др. Южно-Сахалинск: Изд. СахНИРО, 2006. 114 с.

Постановление № 515 от 25 мая 1994 г. “Об утверждении такс для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный уничтожением, незаконным выловом или добычей водных биоресурсов” (в редакции Постановления правительства РФ от 26.09.2000 г. № 724). Режим доступа: www.consultant.ru.

Приказ Федерального агентства по рыболовству № 407 от 12.12.2008. Режим доступа: www.fish.gov.ru.

Приказ Федерального агентства по рыболовству № 1099 от 02.12.2009. Режим доступа: www.fish.gov.ru.

Приказ Федерального агентства по рыболовству № 598 от 07.07.2010а. Режим доступа: www.fish.gov.ru.

Приказ Федерального агентства по рыболовству № 1003 от 15.12.2010б. Режим доступа: www.fish.gov.ru.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных *Decapoda* дальневосточных морей / В.Е.Родин, А.Г.Слизкин, В.И.Мясоедов и др. Владивосток: Изд. ТИНРО, 1979. 60 с.

Современное состояние донных сообществ и поселений макрозообентоса на мелководье Баренцева моря и роль антропогенного фактора в их динамике / Т.А.Бритаев, А.В.Ржавский, Л.В.Павлова и др. // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 314–356.

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 // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами (Мурманск, 25–29 сентября 2006 г.): Матер. Междунар. конф. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2006б. С. 98–100.

Соколов В.И., Милютин Д.М. Статистические закономерности травматизма конечностей камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в районе интродукции (Баренцево море) // Зоол. журн. 2008. Т. 87, № 6. С. 158–170.

Степаненко В.В., Двинин М.Ю. Коэффициенты расходы сырья при выпуске продукции из камчатского краба Баренцева моря // Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г.Иванова), Мурманск, 9–13 октября 2006 г. М.: Изд. ВНИРО, 2006. С. 308–309.

Donaldson W.E., Byersdorfer S.E. Biological field techniques for Lithodid. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska, 2005. 82 p.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Epifauna associated with the northern stone crab *Lithodes maia* in the Barents Sea // Polar Biol. 2008. V. 31. P. 1149–1152.

Edwards J.S. Limb loss and regeneration in two crabs: The king crab *Paralithodes camtschatica* and the Tanner crab *Chionoecetes bairdi* // Acta Zool. 1972. V. 53. P. 105–112.

Gollasch S. Hazard analysis of aquatic species invasions // Invasive aquatic species in Europe. Distribution, impacts and management. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 2002. P. 447–455.

Gray G.W., Powell G.C. Sex ratios and distribution of spawning king crabs in Alitak Bay, Kodiak Island, Alaska (Decapoda Anomura, Lithodidae) // *Crustaceana*. 1966. V. 10. P. 303–309.

Hartnoll R.G. The determination of relative growth in Crustacea // *Crustaceana*. 1978. V. 34. P. 281–293.

Jørgensen L.L. Impact scenario for an introduced decapod on Arctic epibenthic communities // *Biol. Invas.* 2005. V. 7. P. 949–957.

Jørgensen L.L., Primicerio R. Impact scenario for the invasive red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (Reptantia, Lithodidae) on Norwegian, native, epibenthic prey // *Hydrobiologia*. 2007. V. 590. P. 47–54.

Juanes F., Smith L.D. The ecological consequences of limb damage and loss in decapod crustaceans: a review and prospectus // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1995. V. 193. P. 197–223.

Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited / A.O. Bush, K.D. Lafferty, J.M. Lotz, A.W. Shostak // *J. Parasitol.* 1997. V. 83. P. 575–583.

Paul A.J., Paul J.M. A note on energy costs of molting and egg production for female red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) // *High latitude crabs: biology, management, and economics*, Alaska Sea Grant College Program Report № 96-02. Fairbanks: University of Alaska, 1996a. P. 355–363.

Paul J.M., Paul A.J. A note of mortality and injury rates of male *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae) competing for multiparous mates // *High latitude crabs: biology, management, and economics*, Alaska Sea Grant College Program Report № 96-02. Fairbanks: University of Alaska, 1996b. P. 343–353.

Powell G.C., James K.E., Hurd C.L. Ability of male king crab, *Paralithodes camtschatica*, to mate repeatedly, Kodiak, Alaska, 1973 // *Fish. Bull.* 1974. V. 72. P. 171–179.

Rafter K., Nilssen E.M., Sundet J.H. Stomach content, life history, maturation and morphometric parameters of red king crab, *Paralithodes camtschaticus* from Vangerfjord area, North Norway // *ICES CM*. 1996/K:10. 25 p.

Sheuring L. Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers “Poseidon” in das Barents Meer im Juni und Juli 1913. Die Hydroides // *Wiss. Meeresunt.* N.F. Kiel; Leipzig, 1922. Bd. 13, № 2. S. 159–183.

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

Steele D.H., Hooper R.G., Keats D. Two corophioid amphipods commensal on spider crabs in Newfoundland // *J. Crustacean Biol.* 1986. V. 6. P. 119–124.

Stevens B.G., Munk J.E. A temperature-dependent growth model for juvenile red king crab, *Paralithodes camtschatica*, in Kodiak, Alaska // *Proceedings of International Symposium on King and Tanner Crabs*, Alaska Sea Grant College Program. Fairbanks: University of Alaska, 1990. P. 293–304.

Studies on impact of the alien red king crab (Paralithodes camtschaticus) on the shallow water benthic communities of the Barents Sea / T.A. Britayev, A.V. Rzhavsky, L.V. Pavlova, A.G. Dvoretiskij // *J. Appl. Ichthyol.* 2010. V. 26 (Suppl. 2). P. 66–73.

Takehita K., Fujita H., Matsuura S. A note on population structure in the eastern Bering Sea adult red king crab, *Paralithodes camtschatica* // *Proceedings of International Symposium on King and Tanner Crabs*, Alaska Sea Grant College Program. Fairbanks: University of Alaska, 1990. P. 427–434.

Vader W. Amphipoda as associates of other Crustacea // *Second European Crustacean Conference*, Liege (Belgium), September 2–6. Liege: Ocean Press, 1996. P. 67.

Williams J.D., McDermott J.J. Hermit crab biocenoses; a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2004. № 305. P. 1–128.