



Черниенко Игорь Сергеевич

БИОЛОГИЯ И ПРОМЫСЛОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АЯНО-ШАНТАРСКОЙ  
ПОПУЛЯЦИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА  
PARALITHODES CAMTSCHATICUS

Специальности: 03.02.14. – биологические ресурсы (биологические науки)  
03.02.10. – гидробиология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
д.б.н., профессор В.П. Шунтов

Владивосток — 2011

30 ИЮН 2011

Работа выполнена в лаборатории морских биоресурсов Хабаровского филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ХФТИНРО-Центр)

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
Шунтов Вячеслав Петрович

Официальные оппоненты доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Дулупова Елена Петровна

кандидат биологических наук  
Иванов Павел Юрьевич

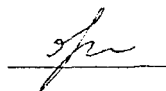
Ведущая организация Сахалинский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства и океанографии  
(СахНИРО), г. Южно-Сахалинск

Защита состоится « 28 » июня 2011 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 307.012.01 при ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО-Центр») по адресу: 690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4, факс: (4232) 300751. E-mail: [dissovet@tinro.ru](mailto:dissovet@tinro.ru)  
Текст автореферата размещен на сайте <http://www.tinro-center.ru/thesispresentations>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ТИНРО-Центр».

Автореферат разослан «26» мая 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор биологических наук

 О.Н. Лукьянова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Описанная на рубеже 1970–80-гг аяно-шантарская популяция камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* является одной из самых многочисленных популяций этого вида (Родин, Мясоедов 1982). Экстремальные по суровости условия обитания камчатского краба в северо-западной части Охотского моря обусловили целый ряд особенностей его биологии, изучение которых имеет теоретическое значение. В то же время, высокая численность этой популяции, особенно на фоне снижения запасов камчатского краба в других районах, представляет практический интерес.

Аяно-шантарская популяция камчатского краба уникальна по ряду своих экологических и биологических особенностей (Родин и др., 1982; Шунтов, 1985; Переводчиков, 2001; Черниенко, Овсянников 2009). Суровые по гидрологическому режиму условия существования и низкая плодовитость самок с одной стороны и недостаток сведений о численности самок и выживаемости молоди – с другой, определяют необходимость пристального внимания к процессам воспроизводства крабов данной популяции.

До последнего времени недостаточно были обоснованы рекомендации по оптимальной эксплуатации запаса рассматриваемой популяции.

**Цель и задачи исследований.** Целью работы является изучение особенностей биологии аяно-шантарской популяции камчатского краба в суровых гидрологических условиях северо-западной части Охотского моря и обоснование мер по совершенствованию регулирования промыслового использования его ресурсов.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Уточнить границы ареала популяции и представления о его функциональной структуре;
2. Изучить сезонные миграции краба;
3. Выявить особенности роста и интенсивности линьки;
4. Определить возраст полового созревания, плодовитость и смертность краба;
5. Оценить численность и биомассу краба и выявить тенденции их динамики;
6. Дать рекомендации по совершенствованию промыслового использования ресурсов популяции.

**Личное участие в получении научных результатов** Автор принимал непосредственное участие в 3-х научно-исследовательских экспедициях в северо-западной части Охотского моря по разработанной им схеме в 2007, 2009 и 2010 гг., а также в контрольном лове камчатского краба в этом районе в 2004 г.

**Научная новизна работы.** Впервые приведены популяционные характеристики группировки камчатского краба северо-западной части Охотского моря. Определены границы популяции, получены данные по миграциям, динамике численности, репродуктивной биологии, что является новым научным знанием для гидробиологии. Оценены важные для рыбохозяйственных расчетов параметры (темп роста, размеры полового созревания самок и функциональной половой зрелости самцов и др.). Уточнены представления о функциональной структуре популяции.

**Практическая значимость работы.** Рассчитанные автором размерно-возрастные ключи и оценки смертности дают возможность прогнозировать

численность и биомассу запаса. По результатам расчетов обосновано увеличение величины. Оценки коэффициентов убыли использовались при разработке прогнозов вылова на 2011 и 2012 гг.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Представления о биологических и адаптационных особенностях аяно-шантарской популяции камчатского краба, позволяющие ей успешно функционировать в суровых гидрологических условиях.
2. Предложения по режиму промысловой эксплуатации при современном состоянии рассматриваемой популяции краба.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были доложены на отчетных сессиях ХфТИНРО в 2006–2009 гг., на отчетных сессиях НТО «ТИНРО» в 2006, 2007, 2009 гг., а также на научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова «Современное состояние водных биоресурсов» (Владивосток, 2008 г.); 2-й международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов» (Москва, 2008); Межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Природно-ресурсный потенциал региона: современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (Петропавловск-Камчатский, 2010); 25-м международном симпозиуме «International symposium on Okhotsk Sea & sea ise» (Mombetsu, Hokkaido, Japan 2010).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 9 работ. 3 статьи в журнале, реферирисмом ВАК, материалы в сборниках 4-х конференций, в том числе 2-х международных.

**Структура и объем работ.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка литературы (122 наименования, в том числе 40 на иностранных языках), 6 приложений и представлена на 156 страницах текста, включает 48 рисунков и 34 таблицы.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.б.н. профессору В.П. Шунтову за помощь и ценные замечания в процессе работы, директору ХфТИНРО Г.В. Новомодному и заведующему лабораторией морских биоресурсов ХфТИНРО В.П. Овсянникову, заведующему лабораторией тихоокеанских лососей ХфТИНРО к.б.н. С.Ф. Золотухину и заведующему прогнозно-методическим отделом ХфТИНРО к.б.н. В.И. Островскому, к.б.н. А.В. Хлоповой. Особо хочется отметить многолетний труд В.А. Переводчикова. Считаю приятным долгом поблагодарить коллег из лаборатории морских биоресурсов и других лабораторий, принимавших участие в изучении камчатского краба, участников экспедиций последних лет – сотрудников БИФ ТИНРО, экипаж НИС «Осмотрительный» и лично капитана Л.Н. Болохова.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературных данных об аяно-шантарской популяции камчатского краба

Настоящая глава подготовлена по литературным данным. Рассматривается история изучения камчатского краба в северо-западной части Охотского моря, дается обзор исследований и оценка уровня представлений по биологии популяции, достигнутый за период изучения.

## Глава 2. Материал, методы его сбора и анализа

В основу работы положены первичные материалы ХфТИНРО и ТИНРО-центра, собранные в 60 рейсах в период с 1979 по 2010 гг. в северо-западной части Охотского моря. Использованы данные водолазных наблюдений за крабами в р-не п-ова Ногдар-Неготни в 1999 г и в районе залива Рейнеке в 2003 г. Работами охвачена акватория в диапазоне координат  $53^{\circ} 38.74' \text{ с.ш. } 141^{\circ} 16.7' - 59^{\circ} 11' 148^{\circ} 48.1' \text{ в.д.}$  и глубин от 0 до 120 м. Были обработаны 6222 ловушечные станции. На биоанализ взято 100188 особей (89389 самцов и 10799 самок). Выполнено мечение 3154 особей. На основании анализа карт распределения придонных и поверхностных температур (Жигалов, 2004) ареал популяции был разделен на 3 района – южный ( $53^{\circ}55' - 57^{\circ}23' \text{ с.ш.}$ ), включающий «шантарский угол» и прилегающие к нему участки, «северный» (севернее  $57^{\circ}23'$ ) – район со сравнительно ровной береговой линией, особо был выделен участок, прилегающий к заливам Александры и Рейнеке, расположенный к юго-востоку от южного района.

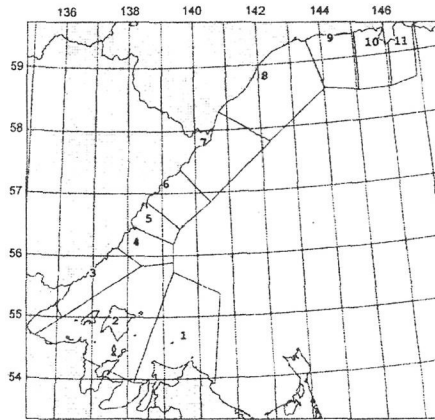


Рис. 1. Схема района работ и выделенные биостатистические участки

1 – зал. Александры, 2 – Большой Шантар, 3 – м. Борисова, 4 Ногдар-Неготни-юг, 5 – Ногдар-Неготни-север, 6 – мыс Эйкан, 7 – мыс Энкан, 8 – мыс Плоский, 9 – Иня-восток, 10 – Иня-запад, 11 – Ушки.

По результатам анализа многолетних данных о распределении уловов ареал популяции был разделен на 11 статистических участков (рис. 1).

Для облова крабов использовались стандартные ловушки японского образца, собранные в порядки по 25–300 штук. В ряде случаев, для изучения пространственной неоднородности ловушечных уловов разных лет, выполненные на различных участках ареала, уловы размерно-половых групп приводились к максимальному в данном году по формуле  $\text{срue}_{ijk} / \text{срue}_{ij\max}$ , где  $\text{срue}_{ijk}$  – улов  $i$ -й размерно-половой группы в  $j$ -м году на станции  $k$ ,  $\text{срue}_{ij\max}$  – максимальный улов  $i$ -й размерно-половой группы в  $j$ -м году. Под размерно-половыми группами понимались как деление на промысловых, непромысловых самцов и самок, так и уловы инстар-возрастных групп самцов.

Биоанализ проводился по принятым в системе ТИНРО методикам Мечение выполняли как временными, так и постоянными метками. Расчет пространственного распределения в различные годы производился методами слайд-аппроксимации в программе Map Designer, либо методом кригинга в пакете R.

Прирост за линьку рассчитывался на основании результатов мечения и путем разделения смеси нормальных распределений, составляющих размерные ряды самцов и самок камчатского краба. Для разделения смеси нормальных распределений использован EM-алгоритм.

Вероятность линьки рассчитывалась как доля крабов, находящихся на ранних стадиях линьки (II, IIIр и III) в конце года (Лысенко, 2001). Зависимости вероятности линьки от линейных размеров аппроксимировались уравнением логистической кривой вида  $p = \{1 + \exp[(w-a)/b]\}^{-1}$ , где  $p$  – вероятность линьки,  $w$  – ширина карапакса,  $a$  и  $b$  – коэффициенты.

Направления миграций и сравнение их с азимутами, соответствующими направлениям по отношению к берегу, оценивали методами циркулярной статистики.

### Глава 3. Физико-географические и гидробиологические условия обитания аяно-шантарской популяции камчатского краба

По литературным данным рассматриваются географические и гидрологические особенности района исследований. Подчеркивается влияние на биологию краба суровых ледового и температурного режимов с одной стороны, значительной биомассы кормового и сессильного бентоса – с другой.

### Глава 4. Общие черты и особенности биологии и экологии аяно-шантарской популяции камчатского краба

**Размерный состав.** Максимальная ширина карапакса, отмеченная в уловах, составила 202 мм у самцов, 105 мм у самок. Минимальная ширина карапакса отмеченная у самцов – 39 мм, самок – 42 мм. Размерный состав крабов неоднороден в пространстве. Линейные размеры и вес особей увеличиваются по направлению с юга на север (таблица 1), что согласуется с представлениями об онтогенетических миграциях краба против господствующего течения по мере роста (Родин, 1985).

Таблица 1

Ширина карапакса (мм) камчатского краба аяно-шантарской популяции из уловов 1997-2010 гг. на различных биостатистических участках

Участок	Самцы			Самки		
	мин	макс	среднее	мин	макс	среднее
зал. Александры	39	99	83,9	39	165	117,0
Большой Шантар	42	99	68,5	42	180	106,4
м. Борисова	52	96	74,0	43	171	109,3
Ногдар-Неготни-юг	55	99	75,5	41	168	112,1
Ногдар-Неготни-север	60	101	76,5	50	172	112,2
мыс Эйкан	56	101	81,6	56	179	122,0
мыс Энкан	55	99	81,2	43	183	126,5
мыс Плоский	55	97	75,1	55	183	124,6
Иня-запад	59	100	87,2	44	202	138,6
Иня-восток	72	101	92,1	71	190	132,7
Ушки	65	83	75,0	82	170	131,0

**Миграции.** В апреле начинается перемещение краба к берегу, его концентрации при этом разрежены. В мае-июне происходит нерест, наблюдается увеличение концентраций скоплений. В июле-августе крабы перемещаются вдоль

побережья в северо-восточном и юго-западном направлениях на глубинах, соответствующих температурному оптимуму (3-6°C для самцов, 4-10°C для самок). При этом расстояния, на которые перемещаются крабы, изменяются в достаточно широком диапазоне, от 0,6 до 36 км за год, в среднем составив 8,3 км. Миграции носят нагульный характер. Похожая картина наблюдается и в сентябре. В октябре основное направление движения крабов перпендикулярно побережью и направлено в сторону от него, что связано с миграциями к местам зимовки.

**Сезонная динамика линьки самцов.** В южной части ареала доля перелинявших за год особей варьировала в пределах 79-84 %, в северной – от 61 до 87 %. Доля особей на ранних стадиях линьки максимальна в начале лета. Летом и осенью увеличивается доля особей, находящихся на третьей линочной стадии. На юге ареала начало линьки приходится на май, к концу июля она завершается.

Массовая линька в северной части ареала приходится на июль (Абаев, 2009). Крабы линяют здесь позднее чем на юге, несмотря на то, что температурные условия северного района более благоприятны. По всей видимости, это связано с размерным составом крабов в различных частях ареала – крупные крабы, преобладающие на севере, линяют реже. Судя по частотному распределению стадий состояния карапакса, линька здесь полностью завершается к октябрю.

**Динамика стадий зрелости, линьки самок и нереста.** Ледовая обстановка не позволяет непосредственно наблюдать массовый выпуск личинок. Учитывая среднюю продолжительность стадий зрелости икры, можно предположить, что самки камчатского краба аяно-шантарской популяции выпускают личинок в апреле-мае. На выпуск личинок в мае указывают данные, полученные Б.Н. Аюшиным, когда в 1945 г. в ставные невода для лова сельди попадали самки с готовыми к вылуплению личинками (Виноградов, 1945). Однако, эти сведения относятся только к северной части популяции, где сроки нереста могут отличаться от южной, и которая не является основной зоной воспроизводства крабов. Нерест приходится на май-июнь и возможно, может протекать в июле.

**Половое созревание самок, индивидуальная и популяционная плодовитость.** По нашим данным минимальный размер самок с внутренней икрой составил 50 мм по ширине карапакса, что на 5 мм меньше, чем указывалось ранее (Родин, 1982). Размер наступления половой зрелости, при котором 50% самок несут на плеоподах икру, оценен в 65 мм по ширине карапакса (рис. 2).

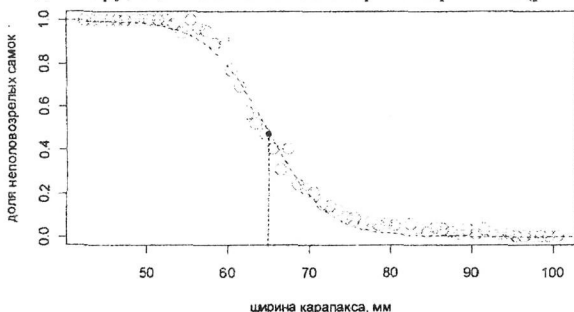


Рис. 2. Зависимость доли неполовозрелых самок от линейных размеров

Для практического использования и сравнения связи плодовитости с линейными размерами в различных районах была оценена зависимость ИАП от

ширины карапакса. Средняя ИАП по выборке составила 36 тыс. икринок, что несколько выше оценок предыдущих лет, но, тем не менее, в разы меньше, чем ИАП других популяций (таблицы 2, 3). В 2008 г. удалось получить репрезентативные данные о численности самок. Она оценена в  $14,2 \times 10^6$  экз. Популяционная плодовитость составила  $5,1 \times 10^{11}$  икринок.

Несмотря на низкую индивидуальную плодовитость, популяционная плодовитость составляет существенную величину. Практически полное отсутствие яловых самок позволяет утверждать, что популяция стабильно пополняется.

Таблица 2  
Индивидуальная абсолютная плодовитость самок камчатского краба различных популяций

Район	ИАП, тыс. икринок		Источник
	Размах	Среднее	
Западная Камчатка	38–232	60–220	Родин, 1985
Залив Петра Великого	120–327	218	Микулич, Козак, 1971
Юго-западный Сахалин	46–501	252	Клитин, 1996
Северо-западная часть Охотского моря	5,3–93,2	32	Родин, Мясоедов, 1982
		28	Переводчиков, 2004
		36	Черниенко, Овсянников, 2009

Таблица 3  
Популяционная плодовитость различных популяций камчатского краба (икринок)

Район	Популяционная плодовитость	Источник
Западная Камчатка	$5,43 \times 10^{12}$	Родин, 1985
Юго-западный Сахалин	$6,76 \times 10^{11}$	Клитин, 1996
Северо-западная часть Охотского моря	$8,1 \times 10^{10}$	Переводчиков, 2003
	$5,1 \times 10^{11}$	Черниенко, Овсянников, 2009

**Линейный и весовой рост.** Полученные по результатам возврата меток приросты самцов изменяются от 5 до 22 мм по ширине карапакса, при экспозиции перелинявших крабов от 76 до 705 дней. Оценка величины прироста за линьку осложняется тем, что не во всех случаях известно, сколько раз краб линял за время пребывания в среде. Исходя из сезонной динамики, и количества перелинявших за год особей, наиболее вероятно предположить, что мелкие крабы и особи средних размеров (по крайней мере, до достижения промысловой меры) линяют один раз в год. Тогда прирост самцов, вычисленный по результатам поимки перелинявших крабов, составляет от 5 до 16 мм, в среднем –  $9,6 \pm 0,8$  мм. В качестве дополнительного метода определения прироста самцов использовалось разделение размерных рядов с помощью EM-алгоритма. Ряд по ширине карапакса наилучшим образом распадается на 9 распределений, а по длине – на 10. В первом случае, средняя разность между математическими ожиданиями составила 9,2 мм, во втором – 7,9 мм, при пересчете на ширину – 10,1 мм. Таким образом, прирост за линьку, оцененный по результатам статистического анализа размерных рядов, лежит в пределах стандартной ошибки прироста, оцененного по результатам мечения. Окончательно принимаем величину прироста равной 10 мм.



Для выяснения размера наступления функциональной половой зрелости самцов анализировалась зависимость между шириной карапакса и высотой клешни. При помощи ЭМ-алгоритма удалось выделить два уравнения регрессии, удовлетворительно описывающие зависимости высоты клешни от ширины карапакса для узкопалых и широкопалых самцов (таблица 4). Точка пересечения линий регрессии оценивается величиной 70 мм. Таким образом, допускаем, что способными к оплодотворению самцы становятся при достижении 70 мм по ширине карапакса.

В южной части ареала вероятность линьки с увеличением размеров особей снижается быстрее, чем в северной, и районе залива Александры (рис. 3).

Таблица 4

Оценки параметров уравнений линейной регрессии ( $h_c = a \cdot W + b$ ), описывающих зависимость высоты правой клешни от ширины карапакса для широкопалых и узкопалых самцов

Параметр	Широкопалые	Узкопалые
$\lambda$	0,85	0,15
$\sigma$	1,29	2,19
$a$	0,31	0,23
$b$	-2,14	3,25

Обозначения:  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение,  $\lambda$  – перекрытие,  $h_c$  – высота правой клешни,  $W$  – ширина карапакса,  $a, b$  – коэффициенты линейной регрессии

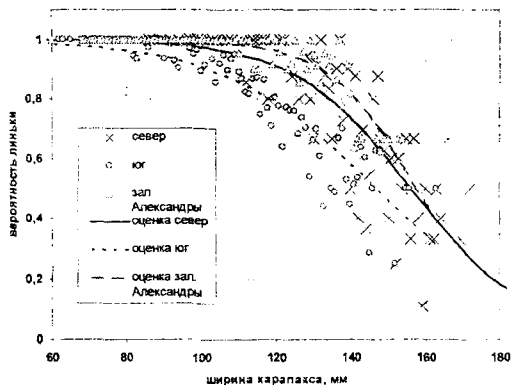


Рис. 3. Зависимость вероятности линьки самцов камчатского краба аяно-шантарской популяции от линейных размеров в различных районах ареала

Для иллюстрации тугорослости камчатского краба рассматриваемой популяции, сравнивали характерные для него вероятности линьки с вероятностями линьки самцов камчатского краба наиболее изученной западно-камчатской популяции. Кривая для южного района сходна с кривой Харюзовского района, самого северного участка ареала западно-камчатской популяции. Левые части кривых северного района и залива Александры лежат между Ичинским и Колпаковским районами. Правые части соответствуют кривой для Харюзовского

района (рис. 4). Таким образом, в исследуемой популяции вероятность линьки с возрастом снижается быстрее, чем в среднем в западно-камчатской популяции.

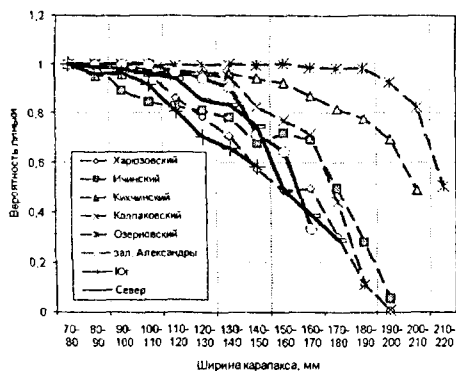


Рис. 4 Вероятности линьки самцов камчатского краба в различных районах аяно-шантарской и западно-камчатской популяций (по Лысенко 2001, собственные данные)

Данных о приросте самок по результатам мечения получить не удалось, поэтому величина прироста оценивалась только статистическим анализом размерного ряда.

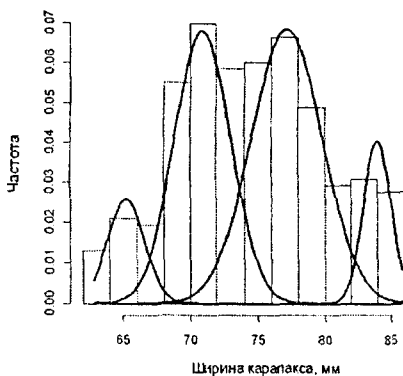


Рис. 5. Плотность смеси нормальных распределений для размерных классов самок камчатского краба аяно-шантарской популяции, разделенной с помощью EM-алгоритма

В размерном ряду отчетливо просматриваются 4 пика. При глазомерной группировке ряда выделено 4 класса: 62–68 мм, 69–74 мм, 75–78 мм и 79–85 мм. Средневзвешенные для каждого класса равны, соответственно, 65,8, 71,51, 76,49, 81,33 мм, разницы между ними – 5,71, 4,97 и 4,84 мм, в среднем – 5,17 мм.

Разности между оценками средних значений классов, выделенных с помощью ЕМ-алгоритма (рис. 5) составили в среднем 6,2 мм.

Таким образом, результаты визуального и автоматического разделения размерного ряда довольно близки друг к другу. Очевидно, что выделенные классы соответствуют размерно-возрастным категориям самок, а разность между пиками соответствует приросту за линьку. Таким образом, прирост самки по ширине карапакса за одну линьку составляет приблизительно 5–6 мм, т.е. в два раза меньше, чем у самца.

**Рост камчатского краба** можно представить как переход особи по возрастным и размерным группам. При этом переход по размерным группам осуществляется с определенной вероятностью – в данном году краб может перелинять или не перелинять. Этот процесс может быть описан выражением

$$n_{ij} = p_{j-1}n_{i,j-1} + (1-p_j)n_{i,j},$$

где  $i$  – возраст,  $j$  – размерная группа,  $p_j$  – вероятность линьки для  $j$ -й размерной группы  $n_{ij}$  – численность особей возраста  $i$ , находящейся в возрастной группе  $j$ .

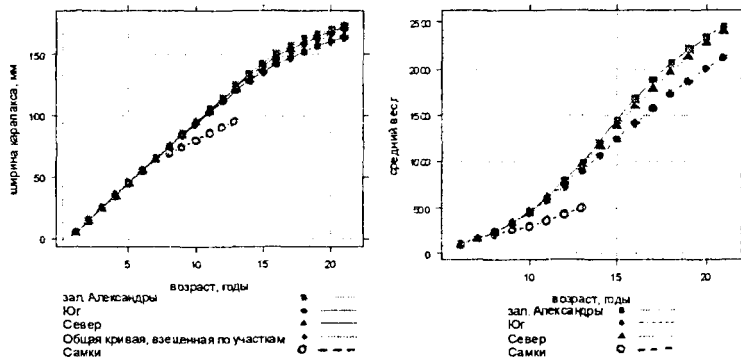


Рис. 6. Рост камчатского краба аяно-шантарской популяции

Согласно трудам Марукавы, ширина карапакса малька через год после выклева личинки достигает 7 мм (Marukawa, 1933), по данным Закса – 9 мм (Закс, 1936). Выращивание мальков камчатского краба на коллекторах в Приморье показало, что во второй половине первого года жизни ширина карапакса мальков достигает 7 мм, второго – 24 мм и третьего – 32 мм (Федосеев, Григорьева, 1999). Если принять допущение, что для мальков камчатского краба прирост постоянен и равен 10 мм, то используя приведенное выше выражение, с привлечением данных о зависимости вероятности линьки от ширины карапакса, можно рассчитать размерно-возрастные ключи для камчатского краба аяно-шантарской популяции. До достижения половой зрелости самки растут так же, как и самцы, после полового созревания их прирост за линьку уменьшается (Matsuura, Takeshita, 1989). Поскольку большая часть самок обитает на южном участке, предполагаем, что до достижения половой зрелости (60–70 мм) они растут с той же скоростью, что и самцы из этой части ареала, далее их прирост становится равным 5 мм.

Для построения кривых линейного роста вычислялись средневзвешенные величин середины классового интервала каждой размерной группы, представленной в данной возрастной группе. Для построения кривых весового роста воспользуемся размерно-весовой зависимостью вида  $Q = aW^b$ , где  $Q$  – масса

тела в граммах,  $W$  – ширина карапакса в мм,  $a = 0,0013$ ,  $b = 2,81$  для самцов и, соответственно, 0,0016 и 2,77 для самок (рис. 6).

### **Глава 5. Структура и пространственная дифференциация аяно-шантарской популяции камчатского краба**

**Пространственное распределение.** Для камчатского краба аяно-шантарской популяции наблюдается закономерное снижение плотности распределения при продвижении с юга на север (Родин 1985; Переводчиков, 2004; Черниенко, 2008). Наиболее южная точка, где в уловах отмечен камчатский краб, находится в Сахалинском заливе ( $53^{\circ}45'$  с.ш.) – здесь в уловах отмечена половозрелая самка с икрой и непромысловые самцы (от 39 до 127 мм по ширине карапакса). Самая северная – зал. Ушки ( $59^{\circ}26.4'$  с.ш.). Наибольшие уловы отмечались на участках 2–5 (см. рис. 1), значительные уловы отмечаются и в районе зал. Феодота (участок № 6).

В исследуемом районе максимальная глубина поимки краба составила 193 м, это был неполовозрелый самец. Наименьшая глубина поимки – 4 м., на этой глубине в уловах отмечены только самки. Эти глубины целесообразно принять как вертикальные границы популяционного ареала. Как уже упоминалось, размерно-половые группы распределены в пространстве неравномерно. Наибольшей величины приведенные уловы неполовозрелых особей камчатского краба (до 80 мм) наблюдаются на участках, на которые приходится наибольшее количество эпифауны. Исходя из долей площадей, занимаемых сессильным бентосом, наиболее благоприятными для нагула молоди следует считать участки Большой Шантар, м. Борисова, а также Ногдар-Неготни-юг. Наибольшее количество самок приходится на участки в районе Шантарских островов и п-ова Ногдар-Неготни.

**Миграции крабов в течение жизненного цикла** рассматриваются по результатам мечения. Из 13 отловленных крабов, пробывших в среде год и более, переместились на соседние, более северные, участки шесть особей, причем, из помеченных в 2005 и 2006 гг. – три из четырех. При этом ни один краб не был отловлен на более южном участке. Таким образом, гипотеза об онтогенетических перемещениях в северо-восточном направлении подтверждается данными мечения. Вместе с тем, крабы могут подолгу оставаться на одном и том же участке. Перемещение по участкам, в направлении противоположном течению подтверждается корреляционным анализом между уловами последовательных размерных категорий на последовательно расположенных участках с интервалом в год. Анализ тенденции во взаимосвязи между последовательными участками показывает ее последовательное уменьшение с юга на север. И наоборот, при рассмотрении взаимосвязи в долях категорий внутри одного и того же биостатистического участка виден рост корреляции по мере продвижения с юга на север.

**Пространственно-функциональная структура популяционного ареала.** В третьей главе было показано соответствие условий обитания аяно-шантарской популяции совокупности факторов, необходимых для формирования высокопродуктивных популяций камчатского краба (Родин, 1985).

В данном разделе, на основании анализа распределения размерно-половых групп (Буяновский, 2005) приводится уточнение схемы структуры ареала, прежде всего, показано, что зон воспроизводства в популяции несколько, а занимаемые ими акватории гораздо обширнее, чем представлялось ранее. Среди них

выделяются основные и второстепенные по значимости участки воспроизводства. Также были уточнены границы района оседания личинок и нагула молоди (рис. 7).

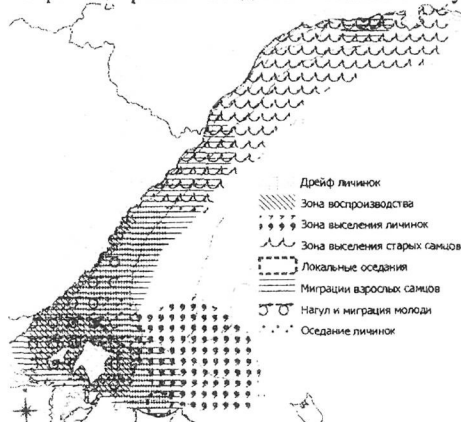


Рис. 7 Элементы пространственно-функциональной структуры аяно-шантарской популяции камчатского краба

#### Глава 6. Обилие, биомасса, размножение и динамика численности аяно-шантарской популяции камчатского краба

**Проблемы оценки обилия аяно-шантарской популяции камчатского краба.** В изучении популяции можно выделить 3 этапа. На первом, в 1970–80-е гг. были выполнены масштабные съемки – 1979–80 и 1986 гг., в 1981–82 гг. изучались акватории, где на тот момент были сосредоточены основные промысловые концентрации камчатского краба. Эти акватории отнесены к биостатистическим участкам 3–6 (см. рис. 1). Исследования этого периода ограничивались на юге широтой  $55^{\circ}13'$  и не охватывали значительную часть ареала популяции в районе Шантарского архипелага, где в различные годы находилось от 17 до 30 % запаса и от 20 до 40 % общей численности популяции.

На втором этапе, в 1994–2004 гг. исследования проводились во время так называемого «контрольного лова», т.е. по существу, ограничивались промыслом. Данные в этот период собирались лишь с отдельных участков ареала. Из-за сильного влияния миграций на численность крабов на отдельных участках, данные об уловах на усилие, полученные на втором этапе, хоть и служат в определенной степени индексом обилия для популяции, для корректной оценки динамики численности и коэффициентов смертности не могут быть использованы.

На третьем этапе, в 2005–2010 гг. были выполнены съемки, охватившие весь ареал популяции. Собранные в этот период данные позволили оценить смертность, численность самок и молоди всей популяции.

**Динамика оценки общего обилия аяно-шантарской популяции камчатского краба, численности и биомассы ее промысловой части.** В первые годы исследований численность только промысловых самцов оценивалась в 51 млн. экз. Однако, оценка численности промысловых самцов (от 130 мм по ширине карапакса), выполненная нами по первичным материалам экспедиции 1979 г. с использованием общей для работы методики, составила гораздо меньшую величину – 22 млн. экз., по данным 1980 г. – 18 млн. экз. При этом в 1970–80-е гг.

на юге сетка станций ограничивалась широтой 55°13, съемками практически не был охвачен шантарский участок. По данным ловушечных съемок 2000-х гг. доля численности запаса южнее этой широты варьировала от 17,3% в 2005 г. до 28,8% в 2010 г. Следует отметить, что в 2009–2010 гг. отмечено смещение плотностей запасов в южную часть ареала. Исходя из картины распределения плотности запаса в центральной и северной частях ареала в 1970–80 гг., логично предположить, что в этот период смещения запаса на юг еще не было, и его доля на необследованном участке была близка к таковой в 2005 г. Таким образом, численность промысловых самцов аяно-шантарской популяции в 1979 и 1980 гг. можно оценить в 27 и 21,7 млн. экз. соответственно, что в два раза превышает современные оценки (табл. 5).

Таблица 5

Численность и биомасса промысловой части аяно-шантарской популяции камчатского краба (самцы от 130 мм по ширине карапакса)

Год	Численность (млн. экз.)	Биомасса (тыс. т.)
1979	27,0	43,0
1980	21,7	34,6
1986	24,0	38,2
2005	13,4	19,4
2006	16,5	22,5
2007	17,8	20,5
2008	5,4	19,1
2009	13,0	17,5
2010	10,8	15,1

Чтобы использовать фрагментарные данные, полученные в период контрольного лова, оценивались коэффициенты корреляции между удельными уловами размерно-половых групп, осредненными по отдельным участкам и по всему ареалу. Для этого привлекались результаты ловушечных съемок второй половины 2000-х гг. Для каждой размерно-половой группы выделены характерные участки, осредненные удельные уловы на которых достоверно коррелируют с уловами, осредненными по всему ареалу. Анализируя данные этого периода исследований можно отметить, что динамика осредненных уловов промысловых самцов подтверждает данные оценки их численности по ловушечным съемкам и демонстрирует снижение обилия промысловой части популяции. Однако, численность самок и непромысловых самцов не претерпела на рассматриваемом этапе существенных изменений. Таким образом, несмотря на значительное снижение численности крупных самцов, количество производителей в аяно-шантарской популяции остается достаточным для поддержания ее воспроизводства.

Снижение численности промысловых самцов может быть обусловлено и систематическим превышением установленных объемов вылова и изъятием особей непромыслового размера. По уменьшимся данным осуществляется изъятие особей от 120, а в некоторые годы даже от 110 мм по ширине карапакса, которые идут, прежде всего, на производство консервированной продукции.

О конкретных факторах, влияющих на урожайность поколений, говорить рано. Можно лишь предполагать, что она связана с динамикой климатических, гидрологических и гидробиологических условий.

#### Оценка смертности камчатского краба аяно-шантарской популяции.

Для описания динамики численности, вместо сведений о возрастном составе улова можно использовать сведения об его размерном составе (Засосов, 1970; Рикер, 1979). Оценивалась эмпирическая функция убыли инстар-возрастных групп, которая является суперпозицией функций смертности и вероятности линьки.

Убыль инстар-возрастной группы описана уравнениями вида

$$N_{i+1,j} = N_{i,j} \times e^{-z}$$

где  $N_{i,j}$  – численность  $j$ -й размерной группы в  $i$ -м году,  $N_{i+1,j}$  соответственно, ее численность в году  $i+1$ ,  $z$  – мгновенный коэффициент убыли (Засосов, 1971). В ряде случаев интервал между съемками равен нескольким годам. В случае двух лет, принимая что между двумя последовательными годами коэффициенты убыли инстар-возрастных групп различаются незначительно, и, принимая то же допущение при большем числе лет для крупных особей, представляя это уравнение в виде  $N_{i+a,j} = N_{i,j} \times e^{-az}$ , получаем выражение для осредненного коэффициента убыли инстар-возрастной группы:

$$z = -\frac{1}{a} \cdot \ln \left( \frac{N_{i+a,j}}{N_{i,j}} \right)$$

Кроме того, в ряде случаев оперировали «коэффициентами перехода» по инстар-возрастным группам – аналогом коэффициента выживаемости  $k = N_{i+1,j}/N_{i,j}$ .

Оценки коэффициентов убыли/перехода осреднялись как средние геометрические. Оценка убыли, выполненная только с использованием оценки численности соответствующей инстар-возрастной группы в 2005 г. и осредненных коэффициентов хотя и не повторяет в точности оценок по фактическим данным, тем не менее отражает характер их динамики, практически во всех случаях (рис. 8).

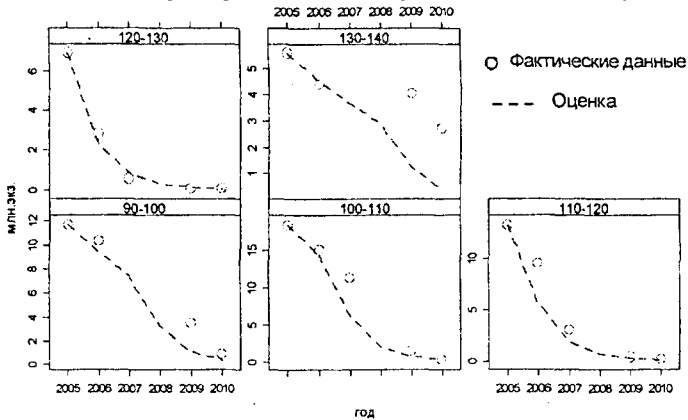


Рис. 8. Динамика оценки численности размерных групп камчатского краба аяно-шантарской популяции в 2005–2010 гг. (в заголовках графиков размер группы в 2005 г.)

Коэффициенты выживаемости и смертности рассчитывали, по составленным размерно-возрастными ключам. Естественная смертность камчатского краба

оценена величиной 0,34–0,39, что близко к показателям, вычисленным для популяции Бристольского залива (Zheng et al, 1995, 1998).

Промысловая смертность оцененная по результатам оценки коэффициентов смертности и убыли, а также анализа промыслового усилия, составляет 33 % от особой размерных групп, охваченных промыслом или около 10 % половозрелых особей. Прогнозные оценки численности размерно-возрастных групп, выполненные в 2009 г. сравнивались с оценками численности, выполненными по результатам съемки 2010 г. Наблюдается довольно хорошее соответствие реальной и прогностической оценок (рис. 9).

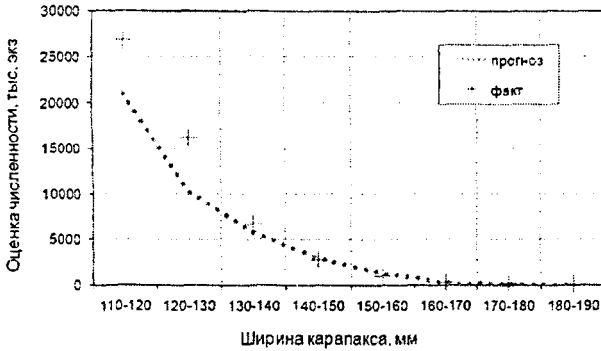


Рис. 9. Прогнозные и фактические оценки численностей размерных групп самцов камчатского краба в 2010 г.

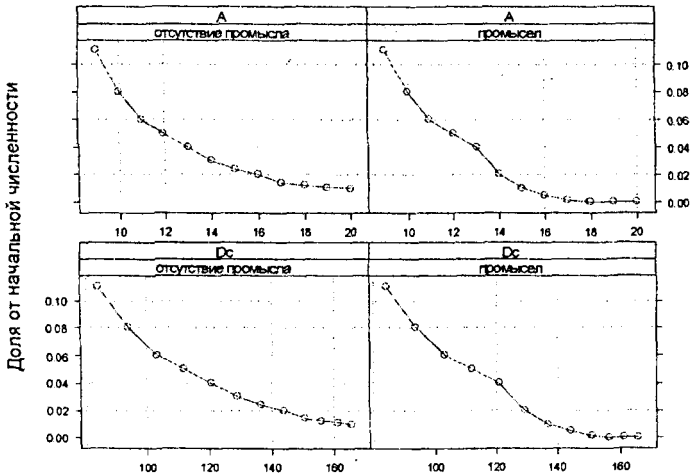


Рис. 10. Динамика численности возрастной когорты камчатского краба аяношантарской популяции (вверху – в зависимости от возраста, внизу – ширины карапакса)



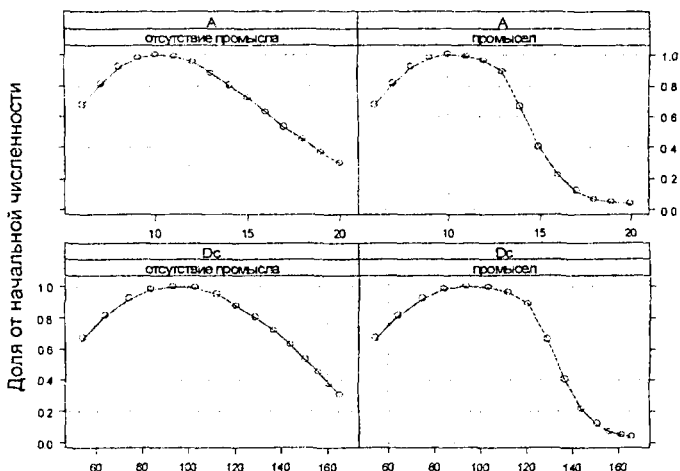


Рис. 11 Динамика биомассы возрастной когорты камчатского краба аяно-шантарской популяции (вверху – в зависимости от возраста, внизу – ширины карапакса)

Оценки коэффициентов смертности позволили симитировать динамику численности и биомассы возрастной когорты камчатского краба. Данные показывают, что как при отсутствии, так и при наличии промысла максимум биомассы приходится на особей с шириной карапакса 90-100 мм, что соответствует 10 годам (рис. 10-11).

#### Глава 7. Состояние запасов и перспективы промыслового использования аяно-шантарской популяции камчатского краба

В настоящее время наблюдается систематическое превышение ОДУ. Несмотря на значительную нагрузку, катастрофического снижения численности не произошло, как было показано в гл. 6. Это связано с медленным ростом особей в популяции, мелкими размерами самок и сравнительно небольшими размерами наступления половой зрелости. Промысел, тем не менее, оказал значительное влияние на размерный состав популяции и пространственное распределение запаса.

Используя оценки коэффициентов выживаемости и перехода по размерным группам, с учетом статистической ошибки оценки, были выполнены расчеты возможной величины запаса в последующие годы при различных уровнях эксплуатации (рис. 12-13).

По данным 2010 г. оптимальная доля изъятия оценена величиной 34%, однако, при установлении доли изъятия следует учитывать возможность ошибочной оценки смертности. Наиболее логичным (в соответствии с предосторожным подходом) представляется ориентироваться на нижнюю границу 95% доверительного интервала коэффициентов смертности и убыли. В этом случае оптимальным оказывается изъятие 15,2 % запаса. При такой доле изъятия ОДУ на 2011 г. составил бы 1,6 млн. экз. или 2,2 тыс. т., т.е. превысил бы рекомендуемую в настоящий момент величину на 760 т.

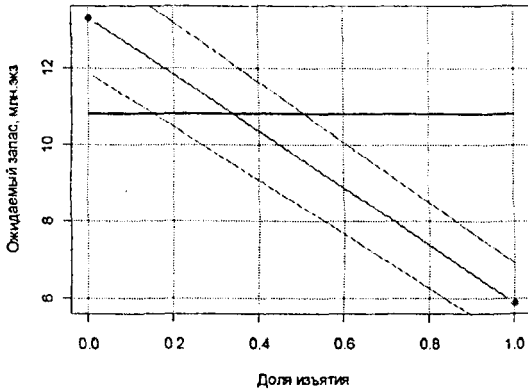


Рис. 12. Оценка доли оптимального изъятия в 2011 г.

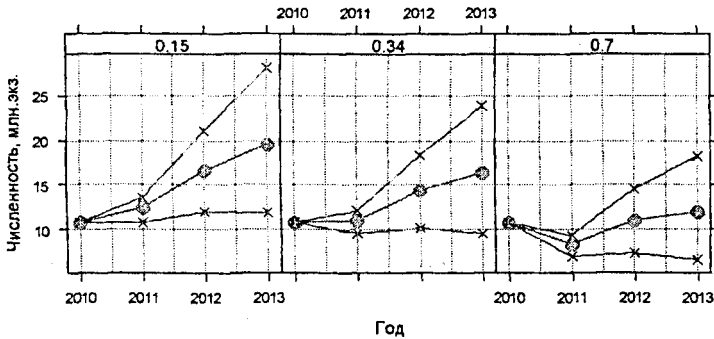


Рис. 14 Прогноз численности промысловой части аяно-шантарской популяции при различных уровнях изъятия

Прогноз численности на 2011–2013 гг. при различной степени эксплуатации показывает, что при вылове в 15% промысловый запас растет или сохраняет свою численность к 2013 г., прогноз на один год вперед также остается оптимистическим, в то время как при 34% уровне изъятия существует вероятность его снижения. Нужно заметить, что при существующем ныне 33%-реальном изъятии происходит снижение запаса. Таким образом, в настоящее время целесообразно установить долю возможного изъятия в 15%, с дальнейшей корректировкой этой величины.

Расчеты показывают, что аяно-шантарская популяция, несмотря на снижение уловов и сокращение ареала все еще остается перспективной для промысла. Такие ее особенности как малые размеры самок, небольшие размеры наступления половой зрелости самцов, максимум биомасс, при размерах, значительно меньших промысловой меры, а также наличие нескольких районов воспроизводства предохраняют популяцию от перелова и даже позволяют несколько увеличить объем промыслового изъятия.

## ВЫВОДЫ

1. Арсал аяно-шантарской популяции камчатского краба ограничен шельфом северо-западной части Охотского моря, занимает глубины 4-100 м (изредка 190 м) и простирается от Сахалинского залива на юге, до залива Ушки на севере;
2. Весной краб мигрирует в прибрежную зону, на глубины 20-40 м для нереста. Летом совершает нагульные перемещения в пределах ограниченного района и в октябре-ноябре мигрирует в места зимнего обитания глубже 70 м. По данным мечення сезонные перемещения крабов составляют 0,6-36 км за год, в среднем – 8,3 км. В течении жизни крабы перемещаются против господствующего течения в северном направлении.
3. Два основных центра воспроизводства расположены в районе п-ова Ногдар-Неготни и Шантарских островов, при этом они перекрываются с районами оседания личинок и нагула молоди. Второстепенные районы воспроизводства находятся близ м. Эйкан, у устья р. Иня и в зал. Александры.
4. Темп роста камчатского краба в различных частях арсала популяции неодинаков: в связи с более низкими придонными температурами, в южной части арсала крабы растут медленнее, чем в северной и зал. Александры. В целом интенсивность линьки краба аяно-шантарской популяции ниже, у других популяций этого вида;
5. Массовое половое созревание самок наступает при ширине карапакса 65–70 мм, в возрасте примерно шести лет, функциональная половая зрелость самцов – при 70–80 мм в возрасте 7–8 лет;
6. Несмотря на низкую, по сравнению с другими популяциями, индивидуальную абсолютную плодовитость (36 тыс. икринок), численность самок (ок.  $1.4 \times 10^7$  экз.) достаточна для того, чтобы обеспечить популяционную плодовитость, сопоставимую с другими популяциями ( $5,1 \times 10^{11}$  икринок);
7. Естественная смертность камчатского краба аяно-шантарской популяции составляет 0,34–0,39. Максимум биомассы приходится на размерную группу 90–100 мм по ширине карапакса, что соответствует возрасту приблизительно 10 лет.
8. Существующий промысел отразился на размерном составе популяции и, в определенной степени, на ее пространственном распределении. Линейные размеры самцов, по сравнению 1980-90 гг. снизились, основные промысловые скопления сместились к Шантарскому архипелагу. Однако, в связи с малыми размерами наступления функциональной половой зрелости самцов и максимума их биомассы (эти размерные группы заведомо не охватываются промыслом), а также мелких размеров самок, «подрыва» численности популяции не произошло.
9. За всю историю промыслового использования рассматриваемой популяции, из-за значительного нелегального изъятия реальный вылов всегда превышал ОДУ. Для совершенствования регулирования промысла, в связи с этим целесообразно ввести контроль уровня промыслового усилия.
10. С учетом естественной и промысловой смертностей, а также вероятностью линьки, рекомендуется увеличение доли изъятия от запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции до 15%

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Черниенко И.С. Плодовитость камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) аяно-шантарской популяции / И.С. Черниенко, В.П. Овсянников // Известия ТИНРО. — 2009. — Т. 157. — С. 133–137.
2. Черниенко И.С. Элементы пространственно-функциональной структуры аяно-шантарской популяции камчатского краба / И.С. Черниенко // Известия ТИНРО. — 2010. — Т. 163. — С. 172–184.
3. Черниенко И.С. Рост камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в северо-западной части охотского моря / И.С. Черниенко // Известия ТИНРО. — 2010. — Т. 163. — С. 185–198.

**Материалы российских и международных конференций**

4. Черниенко И.С. О формировании запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба / И.С. Черниенко // «Современное состояние водных биоресурсов»: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — С. 302–305.
5. Черниенко И.С. Сроки и динамика нерестовых процессов аяно-шантарской популяции камчатского краба / И.С. Черниенко // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов. Вторая Международная научно-практическая конференция: Материалы конференции. — М.: ВНИРО, 2008. — С. 186–189.
6. Черниенко И.С. Пространственно-функциональная структура ареала аяно-шантарской популяции камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* / И.С. Черниенко // Природно-ресурсный потенциал региона: современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 23–25 марта 2010 г. — С. 96–99.
7. Черниенко И.С. База данных ловушечных уловов в северо-западной части охотского моря / И.С. Черниенко // Материалы исследований ХфТИНРО: Сборник научных трудов; Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2010. — С. 164–170.
8. Черниенко И.С. Сообщества макробентоса сублиторали северо-западной части Татарского пролива и Охотского моря (в границах Хабаровского края) / А.А. Дуленин, Ю.В. Сидяков, И.С. Черниенко // Материалы исследований ХфТИНРО: Сборник научных трудов; Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2010. — С. 115–137.
9. Chernienko I. S. Peculiarities of spatial-functional structure of king crab ayan-shantar population area / Igor S. Chernienko // Proceedings of the 25<sup>th</sup> International Symposium on Okhotsk Sea & sea ice, The Okhotsk Sea & Cold Ocean Research Association, Mombetsu, Hokkaido, Japan 2010. — Pp. 180–183.

18

Уч. Изд. л. 1,0. Формат 60x84/16. Тираж 100 экз. Заказ № 19.

---

Отпечатано в типографии издательского центра ФГУП «ТИНРО-Центр»,  
Г. Владивосток, ул. Западная, 10