

УДК 597.384.2

DOI: 10.15853/2072-8212.2018.50.27-33

К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ КРАБА-СТРИГУНА БЭРДИ КАМЧАТСКО-КУРИЛЬСКОЙ ПОДЗОНЫ

О.И. Ильин, П.Ю. Иванов



Вед. н. с., к. физ.-мат. н.; вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01. E-mail: ilin.o.i@kamniro.ru

КРАБ-СТРИГУН БЭРДИ, ОЦЕНКА ЗАПАСОВ, ТЕРМИНАЛЬНАЯ ЛИНЬКА, КАМЧАТСКО-КУРИЛЬСКАЯ
ПОДЗОНА

В настоящей работе рассматривается один из возможных модельных подходов к оценке состояния запасов морских промысловых видов беспозвоночных (крабов) на основе модели динамики трех функциональных групп типа CSA. Оценки популяционных параметров находятся из условия наилучшего приближения модели к данным наблюдений, в соответствии с допущениями относительно распределений ошибок. В качестве примера рассматривается применение указанного подхода к оценке состояния запасов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны.

TO THE STOCK ABUNDANCE ASSESSMENT OF TANNER CRAB IN THE KAMCHATKA-KURILE SUBZONE

Oleg I. Ilyin, Pavel Yu. Ivanov

Leading Scientist, Ph. D. (Physico-Mathematical Sciences); Leading Scientist, Ph. D. (in Biology);
Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel./fax: (4152) 41-27-01. E-mail: ilin.o.i@kamniro.ru

TANNER CRAB, STOCK ASSESSMENT, TERMINAL MOLTING, KAMCHATKA-KURILE SUBZONE

One of possible model approaches to the stock abundance assessment of marine commercial shellfish species (crabs) based on the model of the dynamics of three functional groups of the CSA type is discussed in this article. Evaluations of the population indexes are derived from the term of the best similarity of the model to observed data according to the assumptions about the error distribution. As an example, we considered the use of the approach to the stock abundance assessment of Tanner crab in the Kamchatka-Kurile commercial fishery subzone.

Краб-стригун бэрди (*Chionoecetes bairdi*) — один из основных промысловых видов крабов, добываемых у Западной Камчатки. Исследования этого вида, направленные главным образом на оценку численности и прогноз запаса, КамчатНИРО проводит с 1990-х годов. Последние семь лет его общий допустимый улов находился в пределах 1280–4394 т, а количество судов-краболовов, участвующих в добыче — от 12 до рекордных 34 единиц в 2017 году.

Оценка текущего состояния запаса и прогноз величины промыслового запаса крабов на 1–2 года

вперед — одна из самых сложных и в то же время имеющих важнейшее прикладное значение задач. Используемая до последнего времени так называемая «традиционная» методика прогнозирования ОДУ крабов-стригунов основана на данных траловых съемок в предпрогнозный год, не учитывает особенности биологии крабов-стригунов и, как следствие, переоценивает пополнение промыслового запаса. По этой причине при минимуме запаса по данным траловых съемок мы имели максимум ОДУ и вылова в 2017 году, как видно из таблицы 1. Так как полномасштабные съемки вл-

Таблица 1. Динамика промыслового запаса, ОДУ и вылова краба-стригуна бэрди в Камчатско-Курильской подзоне

Table 1. The dynamics of the commercial stock, the TAC and the catch of Tanner crab in the Kamchatka-Kuril subzone

Год Year	Промзапас, тыс. т Commercial stock, thous. t	ОДУ, т TAC, t	Вылов, т Catch, t	Освоение ОДУ, % Realized TAC, %	Судов, ед. Number of ships
2012	16,109	1280	1117	87	17
2013	29,854	1800	1757	98	16
2014	35,237	1420	1361	96	15
2015	36,642	1983	1920	97	12
2016	27,167	3645	3577	98	24
2017	12,878	4394	4159	94	34

кут значительные материальные затраты, эти исследования могут стать нерегулярными, и мы вынуждены разрабатывать альтернативные методы прогнозирования. Это и стало целью настоящей работы.

К особенностям роста самцов крабов-стригунов относится феномен их морфометрического созревания (Слизкин, Кобликов, 2009, 2014). При этом морфометрически зрелые, или широкопалые самцы отличаются от незрелых (узкопалых) относительно большими размерами клешней, что наблюдается после конечной (терминальной) линьки (рис. 1). Прекращение роста крабов-стригунов после конечной линьки оказывает непосредственное влияние на размерно-возрастной состав их популяций. Таким образом, отличительные особенности биологии роста крабов-стригунов от, например, крабов-литодид (камчатский, синий и др.) обуславливают необходимость различных принципов оценки и прогноза их запасов.

Вследствие аллометрического роста клешни самцов увеличиваются непропорционально размерам тела, что является отличительным признаком терминальной линьки. Претерпевших конечную линьку самцов принято называть широкопалыми (ШПС), в отличие от узкопалых самцов (УПС), продолжающих рост.

На графике зависимости высоты клешни от ширины карапакса (рис. 1) разделение самцов на УП и ШП хорошо прослеживается. Здесь верхний массив точек — это ШПС, прошедшие терминальную линьку, нижний массив — не достигшие морфологической половозрелости УПС.

При расчетах прогноза крабов одним из методов оценки пополнения является учет пререкру-

тов, которыми считаются те самцы менее промысловой меры, которые за линьку прирастут на определенную величину. У крабов-литодид оцененная величина численности непромысловых самцов одногодичного прироста рассматривается как численность пререкрутов. Однако у крабов-стригунов особенности аллометрического роста иные. Так, в группе самцов менее промысловой меры, т. е. менее 120 мм, в число пререкрутов попадают и широко-, и узкопалые самцы. Первые уже полиняли последний раз и останутся такими до естественной гибели, следовательно, они не могут рассматриваться как пререкруты (пополнение). Только УПС, которые продолжают рост, могут считаться пререкрутами и в том случае, если конечная линька у них произойдет при размерах около 120 мм, т. е. на границе промысловой меры. Таким образом, анализ размерного состава самцов краба-стригуна по функциональным группам (ШПС и УПС) вносит существенное дополнение в расчеты истинного соотношения промыслового запаса и величины пополнения при обосновании прогноза ОДУ на перспективу.

Сложность в том, что размер ширины карапакса (ШК), при котором произойдет наступление массовой терминальной линьки крабов-стригунов, спрогнозировать практически невозможно: линька может произойти как при достижении размера промысловой меры, так и до и после этого. УПС размером менее промысловой меры, считающиеся пререкрутами, могут массово претерпеть терминальную линьку до достижения ими промыслового размера (итог — мелкомерные ШПС). Вполне вероятна и ситуация, при которой УПС, достигнув промыслового размера,

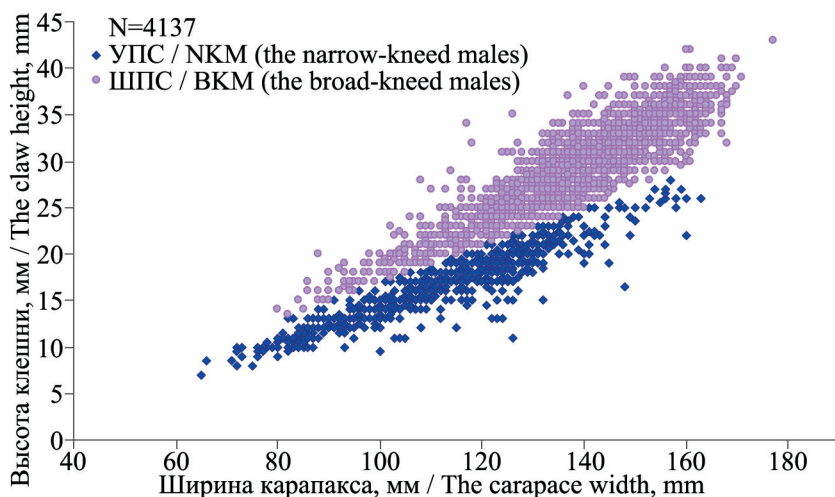


Рис. 1. Соотношение ширины карапакса и высоты клешни краба-стригуна бэрди в Камчатско-Курильской подзоне в 2016 г.
Fig. 1. The ratio between the carapace width and claw height of Tanner crab in the Kamchatka-Kurile subzone in 2016

полияют, но эта линька не будет терминальной (крупные УПС).

В конечном итоге оба этих сценария негативно отразятся на общей промысловой численности краба-стригуна. В первом случае возможное пополнение промыслового запаса так и не состоится, поскольку УПС стали ШПС до достижения ими промысловой меры и более не вырастут. Во втором случае пополнения промыслового запаса в строгом понимании этого определения также не будет: УПС хоть и достигли промысловой меры, но частью промзапаса не стали, так как, в силу особенностей их биологии, при добыче крабовыми ловушками практически не улавливаются (Карасев, 2004; Иванов, 2010). Однако можно рассчитать вероятность, с которой та или иная размерная группа УПС претерпит терминальную линьку и пополнит промысловый запас.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Многолетняя накопленная информация по крабу-стригуну бэрди Камчатско-Курильской подзоны содержит данные экспедиционных исследований и промысловой статистики:

- уловы промысловых самцов по годам промысла;
- данные по уловам на усилие и результаты траловых съемок.

Модель разрабатывалась, исходя из структуры имеющейся информации по запасу.

Представляемая модель для краба-стригуна бэрди базируется на модели *CSA* (Collie, Sissenwine, 1983; Collie, Kruse, 1998) и описывает динамику трех функциональных групп (1 — УПС с ШК 110–119 мм; 2 — УПС с ШК более 120 мм; 3 — промысловые ШПС). Уравнения динамики численности функциональных групп имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 N_{i,2} &= p_1(1-r_1)N_{i-1,1}S_{i-1,1} + (1-p_2r_2)N_{i-1,2}S_{i-1,2}, \\
 N_{i,3} &= p_1r_1N_{i-1,1}S_{i-1,1} + p_2r_2N_{i-1,2}S_{i-1,2} + (N_{i-1,3}S_{i-1,3}^{0,5} - C_{i-1})S_{i-1,3}^{0,5}, \\
 S_{i,j} &= \exp(-M_{i,j,i,j}), \quad j = 1, 2, 3, i = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

где $N_{i,1}, N_{i,2}, N_{i,3}$ — численность соответственно 1-й, 2-й и 3-й функциональных групп в i -м году, C_i — вылов промысловых самцов в i -м году, $M_{i,j}$ — мгновенные коэффициенты естественной смертности в j -й функциональной группе в i -м году, p_j — вероятность линьки в j -й функциональной группе,

r_j — вероятность того, что указанная линька терминальная, $j = 1, 2, 3$.

Приняты следующие допущения:

Относительно указанных выше вероятностей предполагается, что они постоянны: $p_j = p, r_j = r$. Мгновенные коэффициенты естественной смертности также постоянны $M_{i,j} = M$.

Предполагается, что наблюдаемые данные траловых съемок по численности j -й функциональной группы запаса $\hat{I}_{i,j}$ отличаются от модельной

$$I_{i,j} = q_j S^\Delta N_{i,j} \quad (1),$$

где Δ — время от начала года до проведения съемок (в долях года), на случайную величину с логнормальным распределением:

$$\ln(\hat{I}_{i,j}) - \ln(I_{i,j}) = e_{i,j}^1, e^1 \sim N(0, \sigma_1).$$

Предполагается, что наблюдаемые данные по уловам промысловых самцов на ловушку в сутки \hat{U}_3 отличаются от модельных

$$U_{i,3} = q_U N_{i,3} \quad (2)$$

на случайную логнормально распределенную величину:

$$\ln(\hat{U}_{i,3}) - \ln(U_{i,3}) = e_{i,3}^2, e^2 \sim N(0, \sigma_2).$$

В соотношениях (1) и (2) q_j и q_U — калибровочные коэффициенты.

Входными данными для модели являются:

- уловы $\hat{C}_{i,j}$ по возрастным группам и годам промысла;
- вероятность линьки в j -й функциональной группе p_j . Для такого же размера камчатского краба западнокамчатского шельфа эта величина составляет 1,0 (Лысенко, 2001). При оптимизации этого параметра путем добавления его в вектор оцениваемых параметров также было получено значение $p = 1,0$. При моделировании динамики запаса закладывалось именно это значение. Проводились также расчеты при $p = 0,9$ и $p = 0,95$, при этом полученные оценки оказались довольно близкими к представленным далее результатам;
- данные по уловам на усилие \hat{U}_3 и результаты траловых съемок $\hat{I}_{i,j}$. Так как траловые съемки дают оценки абсолютной численности краба-стригуна бэрди, то принимаем $q_j = 1$. Оцениваемыми параметрами модели являются: численности функциональных групп в ретроспективе ($N_{i,j}$); мгновенный коэффициент естественной смертности (M) краба-стригуна бэрди; вероятность того, что линька окажется терминальной (r).

Оценки популяционных параметров находятся из условия наилучшего приближения модели к данным наблюдений, в соответствии с допущениями относительно распределений ошибок. Целевая функция представляет собой логарифм функции правдоподобия:

$$Z = Z_I + Z_U \rightarrow \max, \quad (3)$$

где:

$$Z_I = \sum_{i,j} \ln \left[\frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(\hat{I}_{i,j}) - \ln(I_{i,j}))^2}{2\sigma_1^2}\right) \right],$$

$$Z_U = \sum_i \ln \left[\frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(\hat{U}_{i,3}) - \ln(U_{i,3}))^2}{2\sigma_2^2}\right) \right]$$

где σ_1, σ_2 — оцениваемые параметры.

Оптимизация целевой функции (3) осуществлялась численными методами оптимизации: Левенберга-Марквардта, наискорейшего спуска, сопряженных градиентов Флетчера-Ривза (Базара, Шетти, 1982). Для получения хорошего начального приближения для вектора оцениваемых параметров применяется упрощенный генетический алгоритм (Гладков и др., 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Указанные три метода оптимизации при различных наборах стартовых значений искомых параметров сходятся и дают довольно близкие результаты. В таблице 2 представлены результаты, полученные с помощью метода Левенберга-Марквардта. Представленные оценки, на наш взгляд, вполне адекватны. Так, в работе В.П. Максименко (2003) для промысловых самцов камчатского краба указаны значения МКЕС 0,24–0,53 (1/год). В статье В.П. Максименко и В.Н. Лысенко (2002) представлены осредненные по трем методам МКЕС промысловых самцов синего краба — 0,22–0,72 (1/год).

Далее на рис. 2–4 представлены модельные ретроспективные оценки численности функциональных групп в сравнении с данными съемок и прогноз состояния промыслового запаса краба-

стригуна бэрди. Причиной кратковременного всплеска численности промыслового запаса в 2013–2016 гг. послужила высокая численность УПС с ШК 110–119 мм в 2012 г. В 2015–2017 гг. численность этой функциональной группы была крайне мала, что вкупе с большой величиной ОДУ (табл. 1) привело к существенному снижению промыслового запаса. По результатам параметрического бутстрепа методом процентилей построены приближенные границы 95%-х доверительных интервалов численности моделируемых функциональных групп. По модельным оценкам, численность промысловых ШПС на начало 2017 г. составляет 16,2 млн экз.

Согласно зональному ПРП, закрепленному в «правилах регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» (Алексеев и др., 2017), граничным ориентиром по численности промысловых самцов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны служит величина 10,4 млн экз.

В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло была смоделирована динамика запаса на пять ближайших лет при следующих предположениях:

- 1) пополнение УПС (ШК 110–119 мм) прогнозируется равным средней за последние пять предпрогнозных лет численности этой функциональной группы;
- 2) ОДУ на 2018 г. останется в объеме 2,683 тыс. т;
- 3) с 2019 г. будет введен запрет промышленного лова, рекомендуемое значение коэффициента эксплуатации составит 1% в рамках НИР.

В качестве стартовых используются численности функциональных групп, зашумленные путем внесения логнормальной ошибки со стандартным отклонением, оцененным по результатам бутстрепа. Значения пополнения в прогнозные годы «зашумляются» с учетом логнормального распределения ошибки. Далее численности поколений экстраполируются на последующий год по формулам используемой модели динамики численности функциональных групп. Затем осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Прогнозная медианная оценка численности промысловых ШПС на начало 2018 г. составляет 10,5 млн экз., на начало 2019 г. — 8,8 млн экз. Таким образом, по модельным оценкам в 2018–2019 гг. прогнозируется дальнейшее снижение

Таблица 2. Оценки параметров модели и их коэффициенты вариации
Table 2. The values and the variation coefficients of the model components

Параметр Component	Оценка Value	CV
γ	0,571	0,042
σ_1	0,198	0,161
σ_2	0,192	0,374
q_U	0,390	0,122
M	0,339	0,129

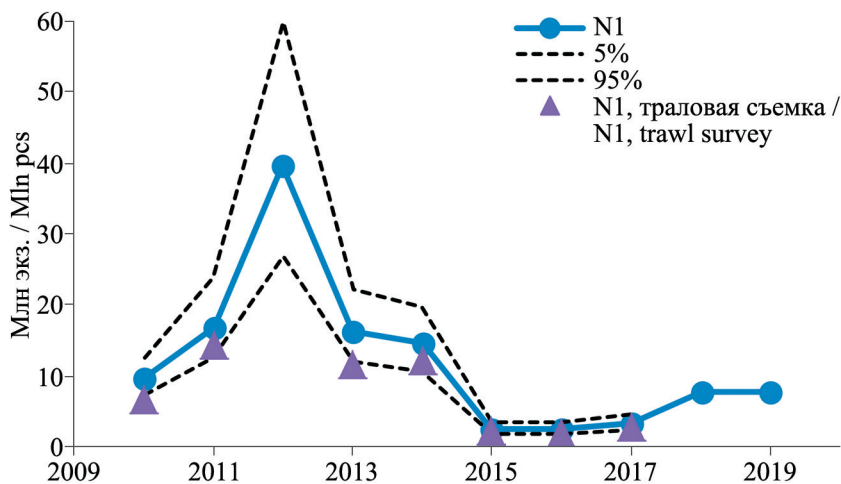


Рис. 2. Численность УПС (ШК 110–119 мм) краба-стригуна бэрди в Камчатско-Курильской подзоне на участке к югу от 52°30' с. ш.
Fig. 2. The abundance of the NKMs (CW 110–119 mm) of Tanner crab in the Kamchatka-Kurile subzone on the plot southward from 52°30' N

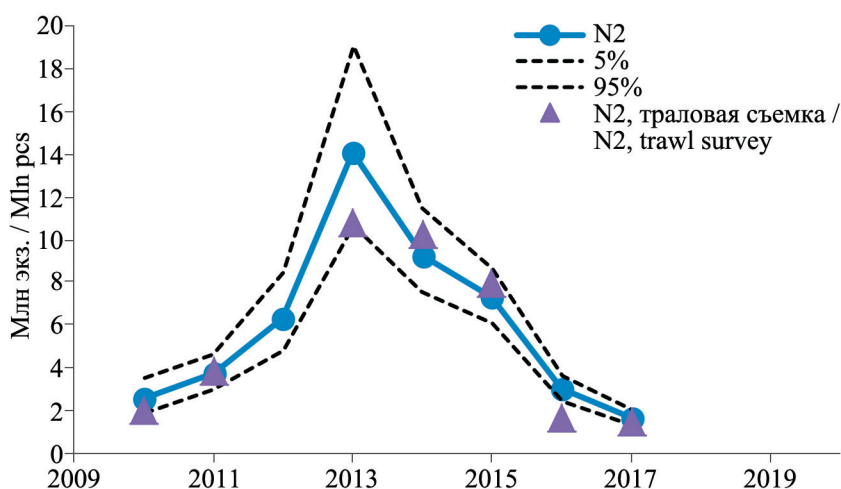


Рис. 3. Численность УПС (ШК 120> мм) краба-стригуна бэрди в Камчатско-Курильской подзоне на участке к югу от 52°30' с. ш.
Fig. 3. The abundance of the NKMs (the carapace width 120> mm) of Tanner crab in the Kamchatka-Kurile subzone on the plot southward from 52°30' N

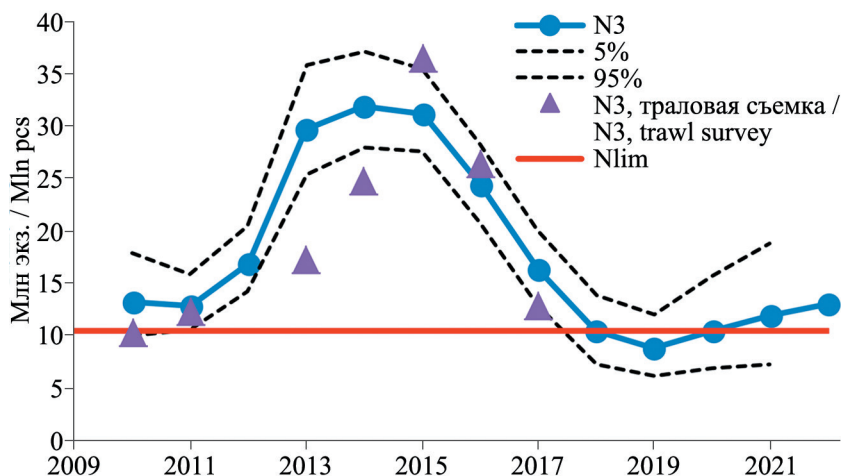


Рис. 4. Численность промысловых ШПС (ШК 120> мм) краба-стригуна бэрди в Камчатско-Курильской подзоне на участке к югу от 52°30' с. ш.
Fig. 4. The abundance of the commercial VKMs (the carapace width 120> mm) of Tanner crab in the Kamchatka-Kurile subzone on the plot southward from 52°30' N

промыслового запаса. Как видно из рисунка 4, при сделанных предположениях промысловый запас краба-стригуна бэрди с более чем 70%-й вероятностью выйдет за биологически безопасные границы в 2019 г. В отсутствии промысла прогнозная медианная оценка численности промыслового запаса вновь превысит значение граничного ориентира к началу 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрен один из возможных модельных подходов к оценке состояния запасов краба-стригуна бэрди на основе модели динамики трех функциональных групп (узкопалые самцы с шириной карапакса 110–119 мм, узкопалые самцы с шириной карапакса более 120 мм и промысловые широкопалые самцы). Оценка состоя-

ния запаса и неизвестных параметров модели сводится к решению задачи оптимизации функции максимального правдоподобия. Результаты моделирования подтверждают данные прямых наблюдений о снижении запасов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны в последние годы и, более того, говорят о том, что даже при условии введения запрета промышленного лова с 2019 г. восстановление запаса до биологически безопасного уровня следует ожидать только к 2021 г.

Алгоритм представленной модели динамики функциональных групп с учетом вероятности линьки был реализован в виде скрипта под бесплатно распространяемый статистический язык программирования R (<http://cran.r-project.org/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. 2017. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 1. С. 21–41.

Базара М., Шетти К. 1982. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. М.: Мир. 583 с.

Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. 2006. Генетические алгоритмы. Учебное пособие. 2-е изд. М.: Физматлит. С. 320.

Иванов П.Ю. 2010. К вопросу оценки численности пополнения и прогнозирования запаса краба-стригуна Бэрда (*Chionoecetes bairdi* Rathbun) по данным учетных ловушечных съемок // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 18. С. 18–21.

Карасев А.Н. 2004. Проблемы прогнозирования величины запасов краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (о. Fabricius) на основе данных ловушечных съемок // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Матер. V науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 219–222.

Лысенко В.Н. 2001. Особенности линьки камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на западнокамчатском шельфе // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 111–119.

Максименко В.П. 2003. Оценка запасов и ОДУ камчатского краба западнокамчатского шельфа методом когортного анализа с учетом вероятностей его линьки. Отчет о науч.-исслед. работе. Инв. № 7051. КамчатНИРО. 18 с.

Максименко В.П., Лысенко В.Н. 2002. Оценка промыслового запаса и возможного вылова синего краба северо-восточной части Охотского моря методом виртуально-популяционного анализа // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 6. С. 131–134.

Слизкин А.Г., Кобликов В.Н. 2009. Биологические предпосылки к оценке промысловых запасов и доли изъятия глубоководных крабов-стригунов в водах Западной Камчатки и Приморья // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. X Междунар. науч. конф., посвящ. 300-летию со дня рожд. Г.В. Стеллера, 17–18 ноября 2009 г. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 251–254.

Слизкин А.Г., Кобликов В.Н. 2014. Морфометрический критерий половой и функциональной зрелости, прогнозирование запасов и пополнения краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в южной части подзоны Приморье // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 178. С. 124–134.

Collie J.S., Kruse G.H. 1998. Estimating king crab (*Paralithodes camtschaticus*) abundance from commercial catch and research survey data. In: Jamieson G.S., Campbell A. (Eds.), Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. Vol. 125. P. 73–83.

Collie J.S., Sissenwine M.P. 1983. Estimating population size from relative abundance data measured with error. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 40. P. 1871–1879.

REFERENCES

Alexeyev D.O., Buyanovsky A.I., Bizikov V.A. General organizing principles of a unified strategy for managing crabs and king crabs fishery in the seas of Russia. *Problems of Fisheries*, 2017, vol. 18, no. 1, pp. 21–41. (In Russian with English summary)

Bazara M., Shetti K. *Nelinejnoe programmirovaniye. Teorija i algoritmy* [Nonlinear Programming. Theory and Algorithms]. Moscow: Mir, 1982, 583 p.

Gladkov L.A., Kureichik V.V., Kureichik V.M. *Geneticheskie algoritmy* [Genetic algorithms]. Moscow: Fizmatlit, 2006, 320 p.

Ivanov P.Yu. On the issue of the evaluation of recruitment abundance and the forecast of stock abundance of tanner crab (*Chionoecetes bairdi* Rathbun) on the data of trap surveys. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west*

- part of the Pacific Ocean*, 2010, vol. 18, pp. 18–21. (In Russian with English summary)
- Karasev A.N. Problems of *Chionoecetes opilio* stock forecast on the basis of trap survey data. *Materialy V nauchnoj konferencii "Sohranenie bioraznoobrazija Kamchatki i prilegajushhih morej"* [Materials of V scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Kamchatpress, 2004, pp. 219–222. (In Russian)
- Lysenko V.N. Molt features of red king crab, *Paralithodes camtschatica*, on the Western Kamchatka shelf. *Study of commercial crustaceans and algae of Russia seas*. Collected papers. VNIRO, 2001, pp. 111–119. (In Russian with English summary)
- Maksimenko V.P. Stock and TAC assessment of king crab on the shelf of Western Kamchatka by the method of cohort analysis, taking into account probability of molting. *Report on research activities*. No. 7051, KamchatNIRO, 2003, 18 p. (In Russian, unpublished)
- Maksimenko V.P., Lysenko V.N. Virtual-population analytic assessments of fishery stock abundance and possible landings of blue crab in the north-east part of the Sea of Okhotsk. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 6, pp. 131–134. (In Russian)
- Slizkin A.G., Koblikov V.N. Biological approach to an estimation of commercial stocks and exploitation rate of deep-water tanner crab off the Western Kamchatka and Primorski region. *Materialy X nauchnoj konferencii "Sohranenie bioraznoobrazija Kamchatki i prilegajushhih morej"* [Materials of X scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Kamchatpress, 2009, pp. 251–254. (In Russian)
- Slizkin A.G., Koblikov V.N. Morphometric criterion of sexual and functional maturity; forecasting of stocks and recruitment for snow crab *Chionoecetes opilio* in the southern part of the Primorye subarea. *Izvestiya TINRO*, 2014, vol. 178, pp. 124–134. (In Russian with English summary)
- Collie J.S., Kruse G.H. Estimating king crab (*Paralithodes camtschaticus*) abundance from commercial catch and research survey data. In: Jamieson G.S., Campbell A. (Eds.), *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, vol. 125, pp. 73–83.
- Collie J.S., Sissenwine M.P. Estimating population size from relative abundance data measured with error. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1983, vol. 40, pp. 1871–1879.

Поступила в редакцию: 03.05.2018
 Принята после рецензии: 08.06.2018