

Научная статья

УДК 595.384.2–152.6(265.51)

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-332-342

EDN: DAYGOT



ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СИНЕГО КРАБА
(*PARALITHODES PLATYPUS* BRANDT, 1849)
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

П.А. Федотов, И.С. Черниенко*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. На основе материалов, полученных в ходе съемок, выполненных в северо-западной части Берингова моря в 2005–2021 гг., выяснено, что абсолютное большинство самцов и самок синего краба *Paralithodes platypus* обитали на шельфе в олоторско-наваринском районе (Западно-Берингоморская зона). В 2005–2021 гг. отмечено два промысловых скопления в коряжском и наваринском подрайонах. Соотношение численности промысловых самцов между подрайонами менялось постоянно, при этом в Карагинском и Олоторском заливах (Карагинская подзона) синий краб встречался в уловах единично. С 2014 г. численность промысловых самцов в Западно-Берингоморской зоне увеличивалась и значительно превышала таковую в период с 2005 по 2013 г. В 2017 г. было отмечено новое урожайное поколение самцов с шириной карапакса 50–74 мм, их доля возросла до 24,6 % от общего количества самцов. Состояние популяции можно охарактеризовать как стабильное и хорошее.

Ключевые слова: Берингово море, синий краб, самцы, самки, численность, межгодовая динамика

Для цитирования: Федотов П.А., Черниенко И.С. Динамика численности синего краба (*Paralithodes platypus* Brandt, 1849) в северо-западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 2. — С. 332–342. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-332-342. EDN: DAYGOT.

Original article

Population dynamics of blue crab (*Paralithodes platypus* Brandt, 1849)
in the northwestern Bering Sea

Pavel A. Fedotov*, Igor S. Chernienko**

*, ** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., leading researcher

** Ph.D., leading researcher, chis75@mail.ru

Abstract. State of the blue crab stock and production is considered for the Russian sector of the Bering Sea on the data of bottom trawl and trap surveys conducted by

* *Федотов Павел Альфредович*, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; *Черниенко Игорь Сергеевич*, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, chis75@mail.ru, ORCID 0000-0002-6410-0081.

© Федотов П.А., Черниенко И.С., 2022

TINRO in 2005–2017 and fishery statistics. The commercial stock was assessed for 2018 by cohort analysis. The absolute majority of commercial males within the West Bering Sea fishing zone concentrated in two areas located at Koryak coast and at Cape Navarin, whereas the commercial aggregations were absent in the Olyutorsky Bay and Karaginsky Bay. The stock distribution between these two areas was unstable; recently the aggregation at Koryak coast increased to 72 % of the total number of commercial males in 2017. This dynamics is conditioned by both changes in reproduction and intensity of fishery. The total commercial stock of blue crab had increased since 2014 and reached the maximum of 18.133×106 ind. (males) in 2017 that exceeded significantly the level of 2005–2013. The blue crab fishery extends in the Bering Sea, since 2010 the portion of used TAC increased from approximately 93 % in 2011–2015 to 98 % in 2016–2017 and 99 % in 2018. State of the population is evaluated as satisfactory and stable.

Keywords: Bering Sea, blue crab, male, female, number, dynamics

For citation: Fedotov P.A., Chernienko I.S. Population dynamics of blue crab (*Paralithodes platypus* Brandt, 1849) in the northwestern Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 2, pp. 332–342. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-332-342. EDN: DAYGOT.

Введение

В северо-западной части Берингова моря промысел многих ценных видов ракообразных традиционно ведут на шельфе Западно-Берингоморской промысловой зоны, в частности в олюторско-наваринском районе. Из общего числа промысловых объектов с высокой промысловой ценностью следует выделить три вида шельфовых крабов — синий краб *Paralithodes platypus* и крабы-стригуны опилио *Chionoecetes opilio* и бэрди *Ch. bairdi*.

Исследования, выполненные в последние годы, дали достаточно полные представления о биологических ресурсах промысловых видов крабов в Западно-Берингоморской зоне. Формирование объемов промысловых квот зависит от состояния промысловых запасов объектов, выраженных в прогнозе через ОДУ, а также от динамики добычи крабов. Данные, полученные в результате исследований, позволяли определить основные и второстепенные объекты промысла. Непосредственный анализ промысла того или иного промыслового вида, в частности за 2010–2021 гг., взятые из ИС «Рыболовство», позволяет заранее планировать районы проведения исследований в местах наиболее интенсивного промысла объекта.

Наиболее ценным среди промысловых видов крабов Западно-Берингоморской зоны является синий краб. Биологии этого вида в российском секторе Берингова моря посвящено значительное количество работ [Слизкин, 1974; Букин и др., 1988; Селин, Федотов, 1996; Андронов, Мясников, 1999а, б; Мясников, Андронов, 1999; Слизкин, Сафронов, 2000; Федотов, 2013, 2015, 2018а, б; Федотов, Черниенко, 2019]. В этих публикациях рассматривались ареалы обитания, численность самцов и самок, размерный состав и его изменения, тенденции распределений скоплений самцов и самок и некоторые особенности биологии этого вида. Все годы исследований промысловые скопления отмечались только в олюторско-наваринском районе. В 2017 г. по сравнению с 2015 и 2016 гг. произошло перераспределение промыслового запаса между подрайонами. Анализ межгодовой динамики размерного состава самцов показал, что за последние годы в нем произошли заметные изменения [Федотов, Черниенко, 2019].

Для рационального использования промыслового потенциала синего краба Западно-Берингоморской зоны необходимы сведения о динамике обилия этой единицы запаса, распределении скоплений функциональных групп.

Поэтому целью работы является обзор данных по обилию этой единицы запаса и описание динамики численности функциональных групп с использованием математического моделирования, которое позволяет интегрировать информацию из

различных источников и учитывать разные виды неопределенностей, связанные с этими источниками.

Материалы и методы

Оценка численности размерно-функциональных групп синего краба основана на материалах учетных донных съемок, выполненных в Западно-Беринговоморской зоне в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019–2021 гг. на глубинах 18–780 м (рис. 1). При проведении донных траловых съемок использовали донный трал № 27,1/24,4 м с вертикальным раскрытием 3–4 м и горизонтальным раскрытием 16 м. Скорость траления изменялась в пределах 2,2–3,3 уз в зависимости от ветра, волнения, течений, состояния грунтов и в среднем составляла 2,7 уз. Коэффициент уловистости трала для синего краба принимали равным 0,75 [Макрофауна..., 2014]. Ловушечные съемки выполняли с использованием стандартных промысловых ловушек японского образца, собранных в порядки по 20–40 экз.

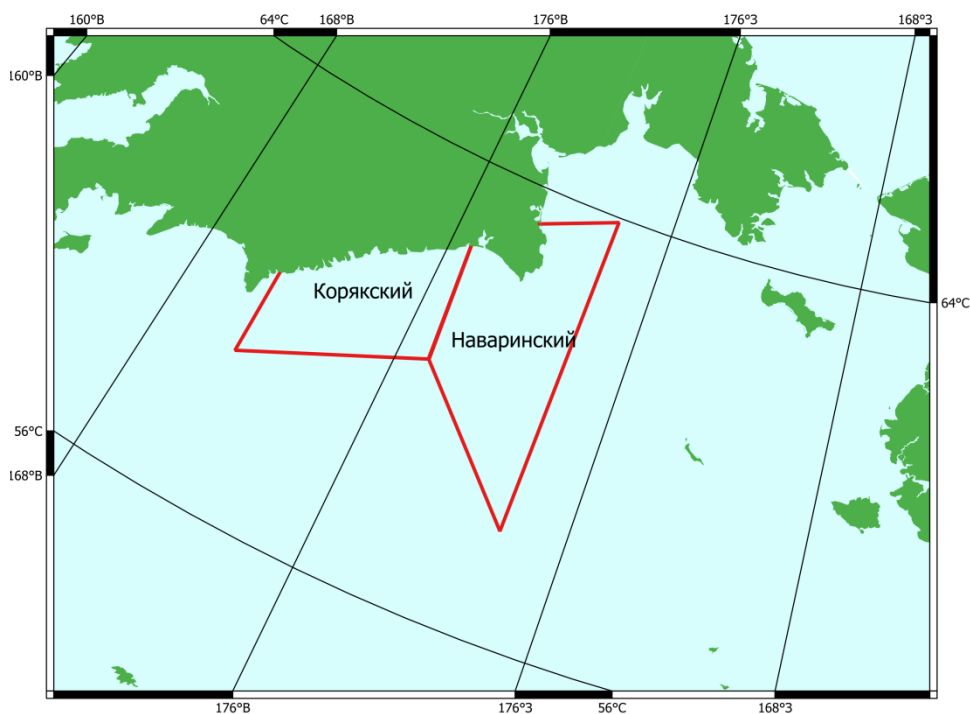


Рис. 1. Район обитания синего краба в Западно-Беринговоморской зоне и рассмотренные статистические подрайоны

Fig. 1. Blue king crab habitat in the West Bering Sea fishery zone. Biostatistical areas are shown

Сбор и обработка биологических материалов осуществлялись по стандартным гидробиологическим методикам, принятым в ТИНРО [Руководство..., 1979; Низяев и др., 2006]. Характеристики съемок приведены ранее [Федотов, Черниенко, 2019].

Оценка численности по результатам каждой съемки в 2005–2021 гг. выполнялась методом сплайн-аппроксимации, реализованной в компьютерной программе ГИС «КартМастер 4.1» [Бизиков и др., 2007].

Для описания динамики численности синего краба Западно-Беринговоморской зоны использовали модификацию модели на основе функциональных групп, предложенную камчатскими специалистами [Ильин, Иванов, 2015].

В исходной версии в модели [Ильин, Иванов, 2015] выделены следующие функциональные группы крабоидов: рекруты (пререкруты I), пререкруты (пререкруты II) и промысловые самцы. В использованной нами модификации модели использованы

четыре функциональные группы: пререкруты II (100–114 мм по ширине карапакса), пререкруты I (115–129 мм), рекруты (130–149 мм) и пострекруты (150 мм и более). Динамику численности функциональных групп описали системой уравнений:

$$\begin{aligned} N_{1,t} &= N_{1,t-1} + \varepsilon_{1,t}; \\ N_{2,t} &= e^{-M}pN_{1,t-1} + e^{-M}(1-p)N_{2,t-1} + \varepsilon_{2,t}; \\ N_{3,t} &= e^{-M}pN_{2,t-1} + e^{-M}(1-p)N_{3,t-1} - C_{3,t-1} + \varepsilon_{3,t}; \\ N_{4,t} &= e^{-M}pN_{3,t-1} + e^{-M}N_{4,t-1} - C_{4,t-1} + \varepsilon_{4,t}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $N_{i,t}$ — численность (экз.) функциональной группы i в год t , $i = 1$ — пререкруты II, $i = 2$ — пререкруты I, $i = 3$ — рекруты, $i = 4$ — пострекруты; p — вероятность линьки; M — мгновенный коэффициент естественной смертности; C_3 и C_4 — уловы (экз.) соответственно рекрутов и пострекрутов в год t ; $\varepsilon_{i,t}$ — нормально распределенные случайные величины со стандартными отклонениями σ_{N_i} . Динамику численности пререкрутов II рассматривали как случайное блуждание.

Уравнения наблюдения имели вид

$$I_{i,j,t} = q_{i,j}N_{i,t} + \theta_{i,j,t}, \quad (2)$$

где $I_{i,j,t}$ — значение индекса для функциональной группы i из источника j в год t ; $q_{i,j}$ — коэффициенты улавливаемости для функциональной группы i из источника j ; $\theta_{i,j,t}$ — нормально распределенные случайные величины со стандартными отклонениями σ_{ij} . Источниками информации послужили оценки численности (экз.) функциональных групп по материалам учетных траловых съемок ($j = 1$), показатели интенсивности промысла из ИС «Рыболовство» ($j = 2$) и удельные уловы (экз./лов.), полученные по результатам наблюдений на промысле ($j = 3$).

Уравнения переписали в матричном виде и представили в форме пространства состояний [Newman et al., 2014]:

$$I_t = qN_t + \theta_t; \quad (3)$$

$$N_t = TN_{t-1} - C_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где I_t — вектор значений индексов биомассы запаса (улов на усилие, оценка запаса по съемке и т.д.) в год t ; q — матрица наблюдения, содержащая коэффициенты улавливаемости; θ_t — вектор ошибок наблюдения в год t ; N_t — вектор численностей функциональных групп в год t ; T — матрица перехода между состояниями; C_t — вектор уловов по функциональным группам в год t ; ε_t — вектор шумов процесса в год t ;

$$N_t = \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \end{bmatrix}_t, \quad (4)$$

где N_1 — численность пререкрутов II, экз.; N_2 — численность пререкрутов I, экз.; N_3 — численность рекрутов, экз.; N_4 — численность пострекрутов, экз.;

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ e^{-M}p & e^{-M}(1-p) & 0 & 0 \\ 0 & e^{-M}p & e^{-M}(1-p) & 0 \\ 0 & 0 & e^{-M}p & e^{-M}(1-p) \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$C_t = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix}_t; \quad (6)$$

$$q = \begin{bmatrix} q_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & q_m \end{bmatrix}. \quad (7)$$

При более строгом подходе уравнение наблюдения должно включать средние массы для рекрутов и пострекрутов. Однако данные по массам доступны не для всех лет.

Поэтому коэффициент улавливаемости для индексов промысловой статистики следует понимать как произведение коэффициента улавливаемости для численности, умноженного на среднюю массу размерно-функциональной группы. Межгодовые колебания средней массы, таким образом, могут рассматриваться как часть ошибки наблюдения.

Для представления пространства состояний использовали фильтр Калмана [Newman et al., 2014; Ильин, Иванов, 2015].

Параметры p и M полагали незначительно различающимися для всех функциональных групп. Коэффициенты улавливаемости для индексов численности рекрутов и пострекрутов по материалам траловых съемок приняли равными единице. Предрекруты в период проведения съемок находятся на мелководье, на каменистых грунтах, что делает их частично недоступными для тралового учета. По этой причине коэффициенты улавливаемости для этих групп приняли меньше единицы и оценивали моделью, как и коэффициенты улавливаемости для прочих индексов функциональных групп.

Оптимизацию параметров модели выполняли с помощью генетического алгоритма [Михеев, 2016]. Использовали язык сценариев R* с пакетами FKF — «Fast Kalman filter» [Tusell, 2011].

Результаты и их обсуждение

Оценки численности размерно-функциональных групп, рассчитанные по материалам учетных съемок, представлены в табл. 1.

Таблица 1
Численность функциональных групп синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005–2021 гг. по материалам учетных съемок, млн экз.

Table 1
Abundance of blue king crab in the West Bering Sea fishery zone in 2005–2021, by functional groups. 10⁶ ind. (on the data of counting surveys)

Год	Пострекруты	Рекруты	Пререкруты I	Пререкруты II	Молодь	Самки
2005*	4,654	1,846	2,570	3,630	3,630	15,625
2006	4,073	1,727	1,910	2,800	2,800	1,785
2007	4,691	2,109	1,730	2,770	2,770	3,604
2008*	3,694	1,806	0,910	1,640	1,640	9,482
2009	3,973	1,627	1,390	2,510	2,510	11,325
2010*	2,860	0,940	1,390	2,530	2,530	13,316
2011	2,541	2,359	3,170	3,790	3,790	21,761
2012*	2,093	3,907	4,950	5,050	5,050	30,205
2013	3,330	4,170	3,110	2,620	2,620	18,561
2014*	6,611	7,089	3,280	2,070	2,070	22,314
2015*	11,872	3,328	1,370	0,620	0,620	17,555
2016*	13,193	3,607	1,670	0,810	0,810	16,648
2017*	14,201	3,932	1,720	0,800	0,800	20,881
2019*	6,920	2,708	1,515	1,159	1,961	14,263
2020*	3,998	1,975	2,155	1,885	1,471	7,909
2021*	3,732	2,287	1,250	0,644	1,392	3,835

* Материалы траловых съемок.

В 2005–2009 гг. оценка численности промыслового запаса (рекруты + пострекруты) варьировала от 5,5 до 6,8 млн экз., после 2009 г. начала снижаться и в 2011 г. составила всего 3,3 млн экз. Это можно объяснить совместным влиянием на обилие запаса элиминации старших возрастных групп самцов и воздействием промысла. В

* R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.

2012–2013 гг. оценка численности промысловых самцов возросла соответственно до 6,0 и 7,50 млн экз., в 2014 г. — до 13,70, в 2015 г. — до 15,220, в 2016 г. — 16,795 млн экз. Это было связано с пополнением промысловой части популяции большим количеством молодых особей (ширина карапакса менее 100 мм) и пререкрутов I и II порядков (ширина карапакса 115–129 и 100–114 мм), учтенных в ходе траловой съемки еще в 2010 г. В 2017 г. оценка численности промысловых особей увеличилась до 18,133 млн экз. В 2008–2017 гг. в Западно-Беринговоморской зоне наблюдались ранее прогнозируемые тенденция роста численности промысловых самцов синего краба и рост его уловов на усилие. Эта тенденция определялась как естественными биологическими причинами, так и максимальным сокращением браконьерства при промысле этого вида. В дальнейшем отмечена стабилизация и даже некоторое снижение уловов на усилие, что может быть связано с возрастающим объемом добычи.

В 2018 г. исследования выполнялись на небольшом по площади (11740 км²) участке, причем абсолютное большинство станций были глубоководными. Из-за недостатка материала выполнить корректную оценку численности в 2018 г. оказалось невозможно. С 2019 г. наблюдается снижение оценки запаса.

В 2017 г. абсолютное большинство промысловых самцов, как и ранее, обитало в олюторско-наваринском районе. Локализация и плотность скоплений промысловых и непромысловых самцов и самок синего краба в олюторско-наваринском районе по сравнению с прошлыми годами снова изменились. В районе корякского шельфа оценка численности промысловых самцов возросла до 13,171 млн экз. (72 % от общего промыслового запаса). В 2016 г. в корякском подрайоне численность промысловых самцов была оценена в 7,056 млн экз. (42 % от общего промыслового запаса), в 2015 г. эта величина составляла 8,864 млн экз. (62 %). В наваринском подрайоне численность промысловых самцов была оценена величиной 9,744 млн экз. (58 % от общего промыслового запаса), в 2015 г. — 5,248 млн экз. (37 %). Таким образом, по сравнению с 2015 г. снова произошло перераспределение промысловой численности между подрайонами.

Ранее, в 2008–2010 гг., значительная часть промысловых самцов обитала в районе наваринского шельфа, их доля составляла 63 % от общей величины запаса, в 2012 г. она снизилась до 44 %. В 2013 г. теперь уже в корякском районе доля промыслового запаса уменьшилась до 41 %, а в наваринском районе она увеличилась до 59 %. Данные, полученные в 2014–2015 гг., позволили установить, что у синего краба большая часть промыслового запаса снова находилась в районе корякского шельфа — 62–70 %. В дальнейшем эта картина снова изменилась. Так, по данным съемки 2021 г. в корякском подрайоне было учтено 37 % запаса (табл. 2).

Таблица 2
Распределение промыслового запаса синего краба в олюторско-наваринском районе
в 2012–2021 гг., %

Table 2
Distribution of the blue king crab commercial stock by biostatistical areas, %

Год наблюдений	Подрайон	
	Корякский	Наваринский
2012	54	46
2013	41	59
2014	70	30
2015	62	38
2016	42	58
2017	72	28
2019	63	37
2020	69	31
2021	37	63

Все эти перераспределения промыслового запаса связаны с интенсивностью промысла в разных промысловых подрайонах и особенностями размерного состава самцов в них.

Следует отметить, что площадь, охваченная учетными съемками, год от года могла различаться на порядок. Минимальная площадь, около 19 тыс. км², была обследована в 2007 г., максимальная, почти 188 тыс. км², в 2010 г. Неравномерность обследованных площадей искажала оценку численности тех или иных групп. Использование модели в пространстве состояний позволяет рассматривать упомянутые искажения как компонент ошибки наблюдения, учитываемой уравнением наблюдения.

В 2007–2017 гг. отмечен рост показателя интенсивности промысла, обусловленный, по-видимому, описанными ранее факторами (рис. 2). С 2018 г. наблюдается тенденция к снижению удельных уловов, что совпадает с тенденциями оценок запаса по материалам учетных съемок.

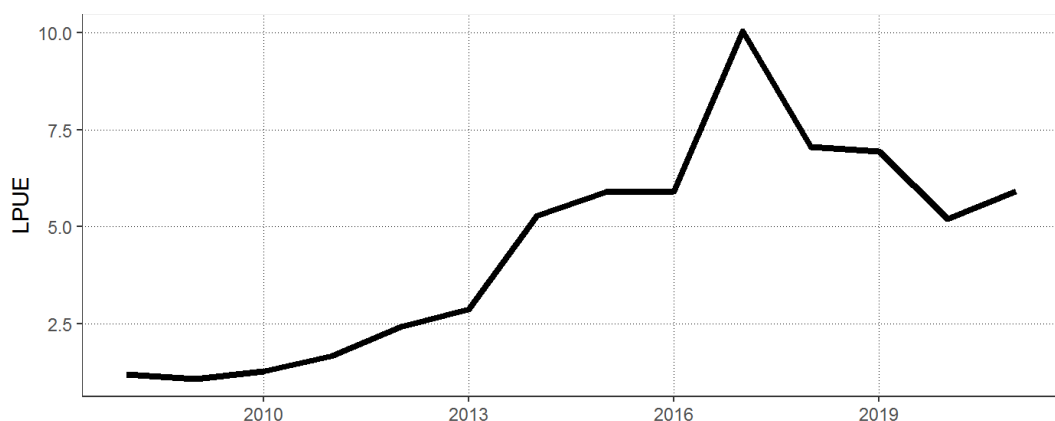


Рис. 2. Динамика индексов биомассы запаса синего краба Западно-Беринговоморской зоны по материалам промысловой статистики. *LPUE* — интенсивность промысла, т/судно-сутки

Fig. 2. Dynamics of the blue king crab biomass indices in the West Bering Sea fishery zone on the data of fishery statistics. *LPUE* — landing per unit effort (ton per vessel-day)

Материалы учетных съемок показывают, что основная масса выпустивших личинок самок сосредоточена на участке, ограниченном координатами 173°30'–174°30' в.д. На этом основании мы принимаем допущение о том, что все рассмотренные выше скопления могут быть отнесены к одной группировке и при моделировании динамики численности группировка синего краба Западно-Беринговоморской зоны может быть рассмотрена как одна единица запаса.

На рис. 3–4 приведены оценки численности функциональных групп и промысловой биомассы синего краба Западно-Беринговоморской зоны.

Оценка запаса синего краба зоны Западно-Беринговоморской в 2021 г., полученная по результатам моделирования, находится в 95 %-ном доверительном интервале — 26,32–35,21 тыс. т (11,96–16,00 млн экз.), в среднем — 30,76 тыс. т (13,98 млн экз.). Ожидаемый в 2023 г. запас оценивается в доверительном интервале 17,69–37,25 тыс. т (8,04–16,93 млн экз.), в среднем — 27,47 тыс. т (12,49 млн экз.) (рис. 4).

Прогнозируемая численность пререкрутов не показывает сколько-нибудь значимых изменений. Таким образом, при сохраняющемся уровне промысловой нагрузки существенных изменений численности синего краба Западно-Беринговоморской зоны в ближайшие годы не ожидается.

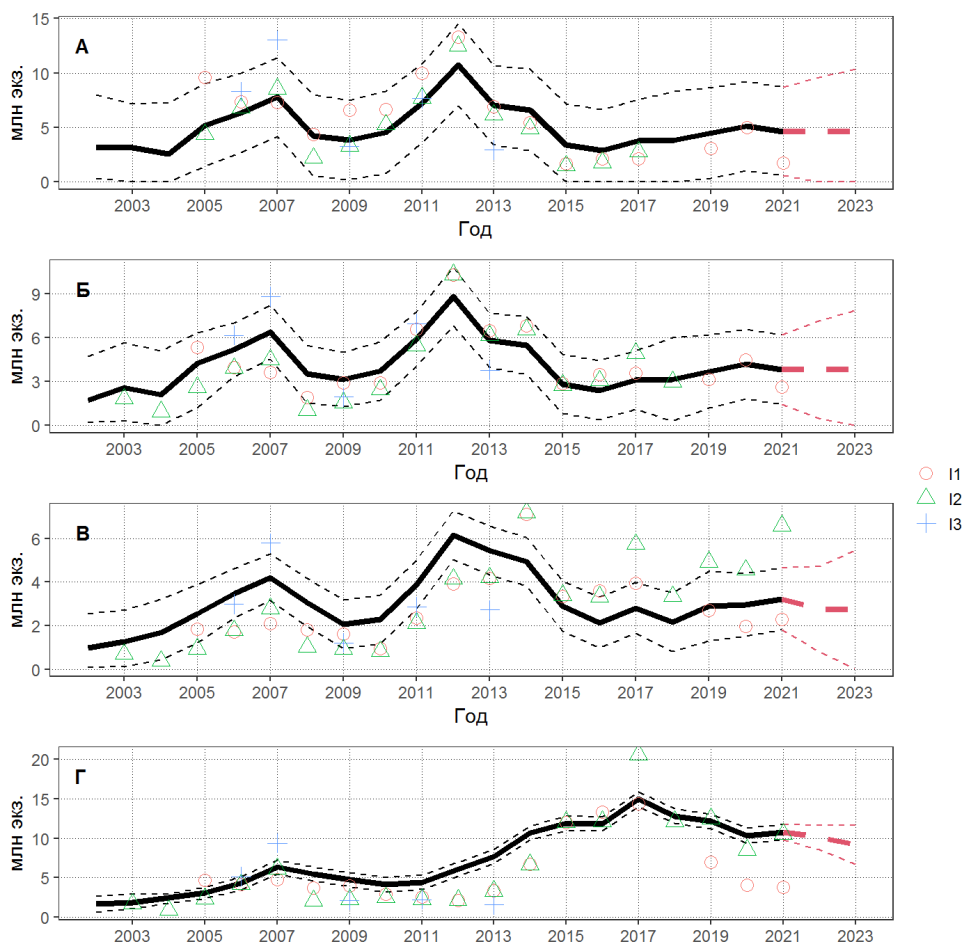


Рис. 3. Оценка численности размерно-функциональных групп синего краба Западно-Беринговоморской зоны в 2002–2021 гг. и прогноз на 2022–2023 гг.: А — пререкруты II; Б — пререкруты I; В — рекруты; Г — пострекруты. Индексы масштабированы на коэффициенты улавливаемости

Fig. 3. Estimations of the blue king crab number by size-functional groups for the West Bering Sea fishery zone in 2002–2021 and forecasts for 2022–2023: А — pre-recruits II; Б — pre-recruits I; В — recruits; Г — post-recruits (coefficients of catchability are accounted)

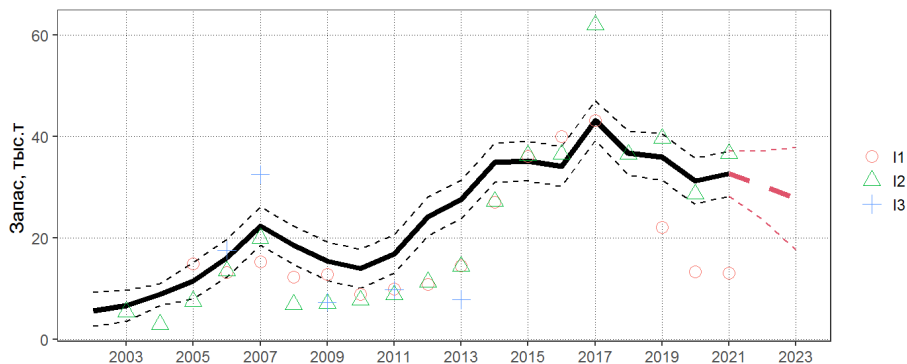


Рис. 4. Динамика промысловой биомассы синего краба в Западно-Беринговоморской зоне: *I1* — оценка запаса, выполненная методом площадей; *I2* — средние уловы на судо-сутки по данным ИС «Рыболовство»; *I3* — данные наблюдений на промысле. Индексы масштабированы на коэффициенты улавливаемости

Fig. 4. Dynamics of the blue king crab commercial biomass in the West Bering Sea fishery zone estimated on different indices: *I1* — stock assessed on the data of surveys; *I2* — average landing per vessel-day; *I3* — data on daily catches from aboard observers (coefficients of catchability are accounted for all indices)

Заключение

В 2005–2021 гг. абсолютное большинство промысловых самцов синего краба традиционно обитали в олюторско-наваринском районе, где они образовывали два скопления в корякском и наваринском подрайонах. Непромысловые самцы и самки обитали совместно с промысловыми самцами. Расположение промысловых скоплений в последние годы изменилось незначительно. Однако соотношение промыслового запаса между подрайонами по сравнению с прошлыми годами изменилось. В районе корякского шельфа численность промысловых самцов возросла до 13,171 млн экз. (72 % от общего промыслового запаса). С 2014 г. численность промысловых самцов стала достаточно высокой и превышала таковую в период с 2005 по 2013 г., численность самок была тоже значительной. В 2017 г. численность промысловых самцов была оценена в 18,133 млн экз. По результатам моделирования оценка численности промысловых самцов синего краба в 2018 г. находилась в 95 %-ном доверительном интервале — 12,97–19,82 млн экз., в среднем — 16,40 млн экз.

Подытоживая вышесказанное, считаем, что, несмотря на некоторое снижение запаса в последние годы, состояние группировки синего краба Западно-Берингово-морской зоны достаточно стабильно. Некоторое ожидаемое сокращение промысловой численности связано как с естественными причинами, так и с воздействием промысла, но оно не окажет существенного влияния на состояние и продуктивность синего краба в этом районе в ближайшие годы.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотрудникам сектора промысловых ракообразных лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей Тихоокеанского филиала ВНИРО, принимавшим участие в научно-исследовательских работах.

Authors are grateful to the colleagues of Commercial Invertebrates and Algae Laboratory of TINRO, who took part in the surveys.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no any sponsorship.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Авторы заявляют, что данный обзор литературы не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом.

All applicable international, national, and/or institutional guidelines for the care and use of animals were followed. The data of other authors are used following to the national state standards.

Список литературы

Андронов П.Ю., Мясников В.Г. Динамика пространственной структуры олюторско-наваринской популяции синего краба (*Paralithodes platypus*) // Изв. ТИНРО. — 1999а. — Т. 126. — С. 106–112.

Андронов П.Ю., Мясников В.Г. Распределение и биология синего краба (*Paralithodes platypus*) в наваринском районе в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. — 1999б. — Т. 126. — С. 96–105.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 1. — С. 96–99.

Букин С.Д., Мясоедов В.И., Низяев С.А. и др. Динамика пространственного распределения и некоторые особенности биологии синего краба северной части Тихого океана // Морские промысловые беспозвоночные. — М. : ВНИРО, 1988. — С. 4–16.

Ильин О.И., Иванов П.Ю. Об одном модельном подходе к оценке состояния запасов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 182. — С. 38–47. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-182-38-47.

Макрофауна бентали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2008 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — 554 с.

Михеев А.А. Применение фильтра Калмана в когортной модели для корректировки оценок запаса при наличии неучтенного вылова // Вопр. рыб-ва. — 2016. — Т. 17, № 1. — С. 20–41.

Мясников В.Г., Андронов П.Ю. О популяционной организации синего краба (*Paralithodes platypus*) в Беринговом море // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 126. — С. 82–88.

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

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей / сост. В.Е. Родин, А.Г. Слизкин, В.И. Мясоедов и др. — Владивосток : ТИНРО, 1979. — 59 с.

Селин Н.И., Федотов П.А. Вертикальное распределение и некоторые особенности биологии синего краба (*Paralithodes platypus*) в северо-западной части Берингова моря // Биол. моря. — 1996. — Т. 22, № 6. — С. 386–390.

Слизкин А.Г. Ареалы некоторых видов крабов в Беринговом море // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана : тез. докл. — Л. : Наука, 1974. — С. 61–62.

Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. Промысловые крабы прикамчатских вод : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Северная Пацифика, 2000. — 180 с.

Федотов П.А. Летнее распределение синего краба в российском секторе Берингова моря в 2017 г. // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 19-й междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН И.А. Черешнева. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2018а. — С. 259–262.

Федотов П.А. Размерный состав синего краба в 2005–2017 гг. в российском секторе Берингова моря // Прибрежно-морская зона Дальнего Востока России: от освоения к устойчивому развитию : мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 20-летию Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ДВФУ. — Владивосток : ДВФУ, 2018б. — С. 117–119.

Федотов П.А. Межгодовая динамика размерного состава синего краба *Paralithodes platypus* в северо-западной части Берингова моря // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : тез. докл. XIV междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения известного дальневосточного ученого, д.б.н., профессора В.Я. Леванидова. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2013. — С. 299–306.

Федотов П.А. Распределение и некоторые особенности биологии синего краба в территориальных водах северо-западной части Берингова моря // Промысловые беспозвоночные : мат-лы 8-й Всерос. науч. конф. — Калининград : КГТУ, 2015. — С. 106–108.

Федотов П.А., Черниченко И.С. Размерный состав и темпы роста самцов синего краба (*Paralithodes platypus* Brandt, 1850) в российском секторе Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 196. — С. 81–89. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-81-89.

Newman K.B., Buckland S.T., Morgan B.J.T. et al. Modelling population dynamics: model formulation, fitting and assessment using state-space methods. — N.Y. : Springer, 2014. — 215 p.

Tusell F. Kalman filtering in R // J. Statistical Software. — 2011. — Vol. 39, Iss. 2. — P. 1–27. DOI: 10.18637/jss.v039.i02.

References

Andronov, P.Yu. and Myasnikov, V.G., Dynamics of the spatial structure of the olyutorsko-navarininskaya population of blue king crab (*Paralithodes platypus*), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1999, vol. 126, pp. 106–112.

Andronov, P.Yu. and Myasnikov, V.G., Distribution and biology of blue king crab (*Paralithodes platypus*) in Navarin Cape area from summer to autumn, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1999, vol. 126, pp. 96–105.

Bizikov, V.A., Goncharov, S.M., and Polyakov, A.V., The geographical informational system CardMaster, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 1, pp. 96–99.

Bukin, S.V., Myasoedov, V.I., Nizyaev, S.A., Slizkin, A.G., Terekhov, S.P., Galimzyanov, K.G., and Kochnev, Y.R., The dynamics of spatial distribution and some peculiarities of biology of blue king crab in the Northern Pacific Ocean, in *Marine commercial invertebrates*, Moscow: VNIRO, 1988, pp. 4–16.

Ilyin, O.I. and Ivanov, P.Yu., On one model approach to stock assessment for red king crab *Paralithodes camtschaticus* on the shelf of West Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 182, pp. 38–47. doi 10.26428/1606-9919-2015-182-38-47

Shuntov, V.P., Volvenko, I.V., Kulik, V.V., and Bocharov, L.N., *Makrofauna bentali severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana: tablitsy vstrechaemosti, chislennosti i biomassy. 1977–2008* (Benthic Macrofauna of the Northwestern Pacific: Occurrence, Abundance, and Biomass. 1977–2008), Shuntov, V.P. and Bocharov, L.N., eds., Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2014.

Mikheev, A.A., Kalman filter application in cohort model for adjusting stock assessments in the case of unreported catch, *Vopr. Rybolov.*, 2016, vol. 17, no. 1, pp. 20–41.

Myasnikov, V.G. and Andronov, P.Yu., On population structure of blue king crab (*Paralithodes platypus*) in Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1999, vol. 126, pp. 82–88.

Nizyaev, S.A., Bukin, S.D., Klitin, A.K., Perveeva, E.R., Abramova, E.V., and Krutchenko, A.A., *Posobiye po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morei Rossii* (Hand-book for the Study of Commercial Crustaceans in the Far Eastern Seas of Russia), Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2006.

Rodin, V.E., Slizkin, A.G., Myasoedov, V.I., Barsukov, V.N., Miroshnikov, V.V., Zgurovskii, K.A., Kanarskii, O.A., and Fedoseev, V.Ya., *Rukovodstvo po izucheniyu desyatinogikh rakoobraznykh Decapoda dal'nevostochnykh morei* (Guide to the Study of Decapods Crustaceans, Decapoda, in Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO, 1979.

Selin, N.I. and Fedotov, P.A., Vertical distribution and some features of biology of the blue king crab *Paralithodes platypus* in the northwestern Bering Sea, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1996, vol. 22, no. 6, pp. 386–390.

Slizkin, A.G., Ranges of some types of crabs in the Bering Sea, in *Gidrobiologiya i biogeografiya shel'fov kholodnykh i umerennykh vod Mirovogo okeana: tez. dokl.* (Hydrobiology and biogeography of the shelves of cold and temperate waters of the oceans), Leningrad: Nauka, 1974, pp. 61–62.

Slizkin, A.G. and Safronov, S.G., *Promyslovye kraby prikamchatskikh vod* (Commercial Crabs of Kamchatkan Coastal Waters), Petropavlovsk-Kamchatsky: Severnaya Patsifika, 2000.

Fedotov, P.A., Summer distribution of the blue crab in the Russian sector of the Bering Sea in 2017 year, in *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters*, Materials of XIX Int. Sci. Conf., Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2018, pp. 259–262.

Fedotov, P.A., The size composition of the blue crab in 2005–2017 years in the Russian sector of the Bering Sea, in *Coastal and marine zone of the Russian Far east: from exploration to the sustainable development*: Proceedings of The Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 20th anniversary of the UNESCO “Marine Ecology” International Chair of FEFU, Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2018, pp. 117–119.

Fedotov, P.A., Interannual dynamics of the size composition of blue crab *Paralithodes platypus* in the north-western part of the Bering Sea, in *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters*, Abstracts of the XIV international scientific conference, dedicated to the 100th anniversary of V.Ya. Levanidov's birthday, Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2013, pp. 299–306.

Fedotov, P.A., Distribution and some features of the biology of the blue crab in the territorial waters of the northwestern part of the Bering Sea, in *Mater. 8-y Vseros. nauch. konf. “Promyslovyye bespozvonochnyye”* (Proc. 8th All-Russ. Sci. Conf. “Commercial invertebrates”), Kaliningrad: KGTU, 2015, pp. 106–108.

Fedotov, P.A. and Chernienko, I.S., Size composition and growth rates of blue king crab *Paralithodes platypus* Brandt, 1850 in the Russian sector of the Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 196, pp. 81–89. doi 10.26428/1606-9919-2019-196-81-89

Newman, K.B., Buckland, S.T., Morgan, B.J.T., King, R., Borchers, D.L., Cole, D.J., Besbeas, P., Gimenez, O., and Thomas, L., *Modelling population dynamics: model formulation, fitting and assessment using state-space methods*, New York: Springer, 2014.

Tusell, F., Kalman filtering in R, *J. of Statistical Software*, 2011, vol. 39, no. 2, pp. 1–27. doi 10.18637/jss.v039.i02

R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.

Поступила в редакцию 22.04.2022 г.

После доработки 11.05.2022 г.

Принята к публикации 20.05.2022 г.

The article was submitted 22.04.2022; approved after reviewing 11.05.2022;
accepted for publication 20.05.2022