



Промысловые виды и их биология

Динамика индексов состояния запаса синего краба в западной части Берингова моря в 2005–2021 гг.

С.И. Моисеев¹, Д.О. Сологуб¹, А.Г. Слизкин², А.В. Лысенко²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, д. 4, г. Владивосток, 690091

E-mail: moiseev@vniro.ru

Цель исследований – ретроспективный анализ запаса синего краба *Paralithodes platypus*, населяющего западную часть Берингова моря, показать перспективность применения индекса относительной численности ($I\%N$) в качестве оценки, характеризующей состояние запаса этого вида.

Материал и методы. В основе лежат данные прямого учёта *P. platypus* во время траловых и ловушечных съёмок в 2005–2021 гг. Для каждого года устанавливали индекс относительной численности, выраженный в процентах к максимальной численности крабов, отмеченной в ретроспективный период. Индекс $I\%N$ определяли для различных функциональных групп краба по отдельности и для скомбинированных размерно-возрастных групп.

Новые данные. Применение индекса относительной численности $I\%N$ в квартилях позволяет применить четырёхзонную оценочную характеристику состоянию запаса *P. platypus*: состояние запаса хорошее, удовлетворительное, неопределённое и депрессивное. Этот индикативный показатель отображает динамику состояния запаса в изучаемый период и визуализирует его вариабельность на историческом отрезке. В западно-берингоморской популяции *P. platypus* в последнее время наблюдается снижение численности, которое составляет менее 40% от максимальной численности, отмечавшейся в изучаемый период. У всех функциональных групп *P. platypus* оценка численности (запаса) в настоящее время характеризуется как неопределённая.

Практическая значимость. Ретроспективная динамика индекса относительной численности $I\%N$ является дополнительным оперативным индикатором в принятии управленческого решения при освоении *P. platypus* как промысловой единицы запаса в западной части Берингова моря.

Ключевые слова: синий краб *Paralithodes platypus*, численность, запас, распределение, индекс относительной численности, Берингово море.

Dynamics of indices of the state of the blue king crab stock in the western part of the Bering Sea in 2005–2021

Sergej I. Moiseev¹, Denis O. Sologub¹, Alexey G. Slizkin², Alexander V. Lysenko²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okrzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Pacific branch of «VNIRO» («TINRO»), 4, per. Shevchenko, Vladivostok, 690091, Russia

The aim of the research is a retrospective analysis of the stock of the blue king crab *Paralithodes platypus* inhabiting the western part of the Bering Sea, to show the prospects of using the relative abundance index ($I\%N$) as an assessment characterizing the state of the stock of this species.

Material and methods. It is based on the data of direct accounting of *P. platypus* during trawl and trap surveys in 2005–2021. For each year, an index of relative abundance was established, expressed as a percentage of the maximum number of crabs noted in the retrospective period. The $I\%N$ index was determined for different functional groups of the crab separately and for combined size and age groups.

New data. The use of the relative abundance index $I\%N$ in quartiles makes it possible to apply a four-zonal evaluation characteristic of the stock status of *P. platypus*: the stock condition is good, satisfactory, uncertain and depressive. This indicative method displays the dynamics of the state of the stock in the studied period and visualizes its variability in the historical period. In the West Bering Sea population of *P. platypus*, there has recently been a decrease in the number, which is less than 40% of the maximum number observed during the study period. In all functional groups of *P. platypus*, the estimate of abundance (stock) is currently characterized as uncertain.

Practical significance. The retrospective dynamics of the relative abundance index $I\%N$ is an additional operational indicator in making a management decision when developing *P. platypus* as a commercial reserve unit in the western part of the Bering Sea.

Keywords: the blue king crab *Paralithodes platypus*, abundance, stock, distribution, relative abundance index, Bering Sea.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации промышленный вылов крабов регулируется в рамках единого подхода к освоению водных биологических ресурсов (ВБР) [Бабаян, 2000; Алексеев и др., 2017]. Виды класса Crustacea имеют дискретный рост, а структуры, позволяющие достоверно установить их возраст у них отсутствуют. Данное обстоятельство вносит затруднение в выполнение оценки численности функциональных групп крабов и соответственно прогнозировать объёмы промыслового запаса и определять общий допустимый улов (ОДУ). На современном этапе включение различных математических фильтров в модельные расчёты позволяет учитывать эту и другие неопределённости, вводя так называемые коэффициенты улавливаемости, необходимые для установления оценок промыслового запаса *-in silico* [Михеев, 2003, 2004; Михеев и др., 2012; Баканёв, 2008, 2016; Буяновский, 2012, 2020 а, б; Буяновский, Алексеев, 2017; Ильин, Иванов, 2015, 2018; Черниенко, 2016; Черниенко, Черниенко, 2019]. В отличие от сложных оценок состояния промыслового запаса *-in silico*, существует и более доступный индикативный метод оценки состояния запаса с помощью относительного индекса численности. Применение этого индекса для синего краба *Paralithodes platypus* (Brandt, 1850) в северо-восточной части Охотского моря позволило оперативно оценить и охарактеризовать динамику состояния запаса за 2007–2020 гг. [Моисеев и др., 2021]. Базой для формирования индекса относительной численности ($I\%N$) являются данные прямого учёта крабов, полученные при выполнении донных траловых и ловушечных съёмок, либо во время обширного мониторинга промысла крабов.

Целью работы является ретроспективный анализ численности западно-берингоморской популяции синего краба, а также используя индекс относительной численности ($I\%N$), оценка её состояния как единицы запаса за определённый исторический период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В Западно-Берингоморской зоне в 2005–2021 гг. рыбохозяйственными институтами Росрыболовства регулярно проводились экспедиционные научно-исследовательские работы (НИР). Основу исследований составляли учётные донные траловые и ловушечные съёмки, выполненные на обширной акватории шельфа и верхней части материкового склона Берингова моря вдоль береговой линии между мысами Олюторский – Наварин – Фаддея и южной части Анадырского залива. На акватории выполнения НИР выделяют два района исходя из особенностей распределения промысловых гидробионтов, гидрологических и орографических факторов [Федотов, 2017]. Основываясь на данных проведённых исследований синего краба в Западно-Берингоморской зоне в рассматриваемый период (2005–2021 гг.) в настоящей работе рассматриваются три района.

I – Анадырский: с севера ограничен линией, проходящей по $65^{\circ}30' \text{ с. ш.}$, с юго-востока линией рыболовных зон России и США, с юга проходит по линии от мыса (Святого) Фаддея до точки около $61^{\circ}30' \text{ с. ш.}$, $177^{\circ}30' \text{ в. д.}$

II – Наваринский: с востока ограничен юго-восточной линией I района, а с запада – линией $176^{\circ}00' \text{ в. д.}$

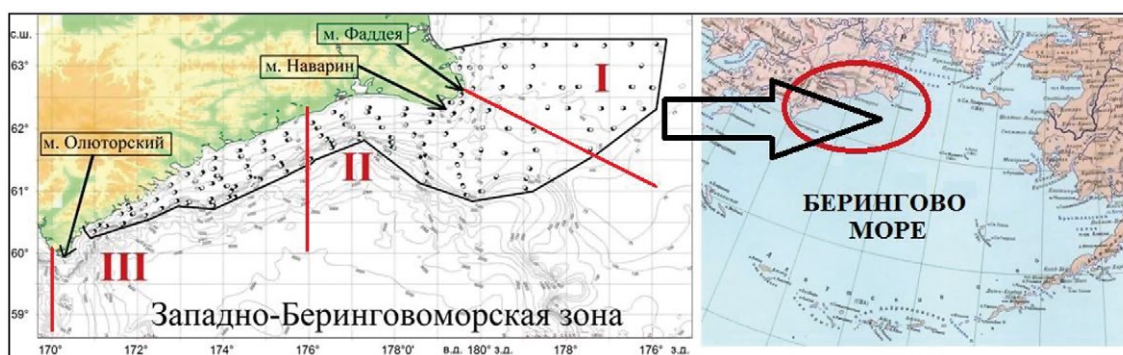


Рис. 1. Схема расположения учётных станций в западной части Берингова моря на примере донной траловой съёмки, выполненной в сентябре 2021 г.

Обозначения: I – Анадырский; II – Наваринский и III – Корякский промысловые районы

Fig. 1. The layout of the accounting stations in the western part of the Bering Sea on the example of a bottom trawl survey carried out in September 2021

Designations: I – Anadyrsky; II – Navarinsky and III – Koryaksky fishing areas

III – Корякский: расположен между меридианом 176°00' в. д. и мысом Олюторский (рис. 1).

Сбор и обработка биологических и промыслово-статистических данных осуществлялись по общепринятым методикам, принятым в рыбохозяйственных исследованиях [Родин и др., 1979; Слизкин, Сафронов, 2000; Михайлов и др., 2003; Моисеев, 2003; Моисеев и др., 2021]. Исходя из результатов исследований, полученных рыбохозяйственными институтами Росрыболовства за 2005–2021 гг. во время учетных съёмов [Федотов, 2013. 2017; Федотов, Винников, 2015; Федотов, Черниенко, 2019] и из собственных первичных данных авторов, была сформирована рабочая база данных по численности функциональных групп синего краба в Западно-Беринговоморской зоне. Все оценки численности синего краба были выполнены по данным прямого учёта с применением метода сплайн-аппроксимации в программном пакете «ГИС КартМастер» [Бизиков и др., 2006, 2013]. Сформированная база данных (табл. 1) была дополнена среднесуточным выловом промысловых судов за год (т), промысловым усилием на конусную ловушку

(экз./лов. – данные промысловой статистики) и общим выловом синего краба за год (освоение ОДУ, т).

В годы, когда учётные съёмки не проводились (2011 и 2018 гг.), для таких лет находили среднюю оценку численности по двум смежным годам. В виду того, что в 2006–2007, 2009 и 2013 гг. оценка численности проводилась только по данным учётных ловушечных съёмов (табл. 1), оценки запаса за эти годы можно было исключить, а оценки численности определить, также по среднему значению сопредельных годов. В этом случае показатели численности в разной степени поменяются в зависимости от значений, полученных по данным ловушечных съёмов. В обоих случаях отличия значений были не критичными, у них имеется сходный ретроспективный тренд динамики численности. Поэтому, данные по численности крабов, полученные во время четырёх ловушечных съёмов, оставлены без введения для них корректирующих коэффициентов, как это предполагается выполнять для математической обработки таких данных [Буяновский, 2020 б]. Ввиду того, что любые корректирующие коэффициенты сами по себе также несут в различной степени допущения,

Таблица 1. Оценка численности по данным учётных съёмов (млн экз.) и промысловые показатели *P. platypus* в 2005–2021 гг.

Table 1. Estimation of the number according to direct accounting data (million copies) and commercial indicators of *P. platypus* in 2005–2021

Год	Площадь учетной съёмки, км ²	Самцы, млн экз.				Самки, млн экз.	Пром. усилие, экз./лов.	Средне-суточный вылов, т	Вылов за год, т
		Промысловые	Пререкруты		Ранняя молодь				
			I (мм)	II (мм)					
		≥130 мм	115–129	100–114	<100 мм				
2005 ¹	163000	6,500	2,570	3,630	3,630	15,625	1,54	1,153	765,3
2006 ²	29162	5,800	1,910	2,800	2,800	1,785	2,20	1,332	852,1
2007 ²	19187	6,800	1,730	2,770	2,770	3,604	1,40	3,423	1335,6
2008 ¹	36360	5,500	0,910	1,640	1,640	9,482	1,10	1,198	1202,0
2009 ²	81100	5,600	1,390	2,510	2,510	11,325	0,90	1,306	1171,1
2010 ¹	187782	3,800	1,390	2,530	2,530	13,316	0,80	1,262	977,1
2011 ³		4,900	3,170	3,790	3,790	21,7605	0,70	1,705	1093,5
2012 ¹	39967	6,000	4,950*	5,050*	5,050*	30,205*	0,60	2,361	1027,0
2013 ²	31500	7,500	3,110	2,620	2,620	18,561	0,60	2,926	885,2
2014 ¹	24470	13,700	3,280	2,070	2,070	22,314	2,40	5,483	1612,2
2015 ¹	51912	15,200	1,370	0,620	0,620	17,555	3,40	6,616	1980,8
2016 ¹	36200	16,800	1,670	0,810	0,810	16,648	3,92	5,909	2204,3
2017 ¹	174300	18,133*	1,720	0,800	0,800	20,881	4,44*	10,057*	2954,0
2018 ³		13,880	1,618	0,979	1,381	17,572	3,57	7,051	2871,1
2019 ¹	60893	9,628	1,515	1,159	1,961	14,263	3,75	7,330	3965,3
2020 ¹	113700	5,973	2,155	1,885	1,471	7,909	2,62	5,300	4731,9*
2021 ¹	81921	6,019	1,250	0,644	1,392	3,835	3,18	5,914	4606,8

Примечание: * – максимальное значение численности или параметра за период исследования; ¹ – год траловой съёмки; ² – год ловушечной съёмки; ³ – учетных съёмов не было.

на данном этапе исследований коррекцию значений результатов между съёмками не проводили.

Имеющиеся материалы о численности различных функциональных групп синего краба были сформированы в виде визуализированной ретроспективной графики. Такой подход даёт динамическую характеристику состояния запаса *P. platypus* и отражает его вариативность в исследуемый период 2005–2021 гг. Оценку состояния численности и/или биомассы запаса западно-берингоморской популяции *P. platypus* предлагается давать с помощью *индекса относительной численности (I%N)* [Моисеев и др., 2021] по формуле, которая имеет вид:

$$I\%N = (a / N_{max}) \times 100\%, \quad (1)$$

где: a – численность функциональной группы краба, полученная в год проведения учётной съёмки, млн экз.; N_{max} – максимальная округлённая в большую сторону или действительная максимальная численность этой группы крабов, наблюдавшаяся по результатам одной из учётных съёмок в исследуемый период 2005–2021 гг.

В западно-берингоморской популяции синего краба выделяют три размерно-половые группы – промысловые самцы с шириной карапакса (ШК) от 130 мм и более, непромысловые самцы с ШК менее 130 мм и самки. Но при прогнозировании запаса на 1–2 года вперёд группу, состоящую из непромысловых самцов, разделяют на три размерно-возрастные подгруппы по ШК: пререкруты I порядка – 115–129 мм, пререкруты II порядка – 100–114 мм и молодые самцы – менее 100 мм [Федотов, 2017; Федотов, Черниенко, 2019]. В связи с этим для каждой из пяти функциональных групп синего краба были установлены года с максимальным значением численности для этой группы (см. табл. 1). За 2005–2021 гг. максимальная численность *P. platypus* по функциональным группам составляла: 1) в 2017 г. промысловые самцы с ШК ≥ 130 мм – 18,133 млн экз. (произвели округление в большую сторону до первого десятичного знака – 18,2 млн экз., приняв эту максимальную величину за 100%); 2) в 2012 г. самцы пререкруты I порядка (ШК 115–129 мм) – 4,95 млн экз. (значение округлили до 5,0 млн экз. – 100%); 3) в 2012 г. самцы пререкруты II порядка (ШК 100–114 мм) – 5,05 млн экз. (значение округлили до 5,1 млн экз. – 100%); 4) в 2012 г. ранняя молодь самцов (ШК <100 мм) – 5,05 млн экз. (величину округлили до 5,1 млн экз. – 100%); 5) в 2012 г. самки – 30,205 млн экз. (округлили до 30,3 млн экз. – 100%).

В дальнейшем для каждого года в ретроспективном ряду и для каждой из функциональных групп

краба применяя формулу (1) находили индекс относительной численности $I\%N$. Индекс $I\%N$ выражается в процентах (или в числовых единицах).

Кроме индекса относительной численности $I\%N$, имеющиеся материалы позволяют получить относительные индексы и по другим параметрам, которые прямо или опосредованно могут характеризовать состояние изучаемого запаса. Такими индексами относительности могут быть ещё четыре параметра:

1. *Индекс относительной плотности распределения (I%P)*, значения которого позволяют дать качественную оценку распределению крабов на обследованной площади как для промысловой части запаса, так и для ближайшего его пополнения. Для этого были определены средние значения плотности крабов на 1 км² для каждой функциональной группы *P. platypus* исходя из базы данных.

2. *Индекс относительного среднесуточного вылова (I%M)* промысловых судов устанавливается для самцов промыслового размера в целом за промысловый год для краболовных судов по данным ССД.

3. *Индекс относительного улова на сэмплер (I%t)* отображает динамику промыслового усилия, количество выловленных промысловых самцов синего краба в среднем за год на одну ловушку исходя из данных, предоставляемых промысловой статистикой.

4. *Индекс относительного освоения ОДУ (I%V)* в ретроспективе воспроизводит динамику ежегодного изъятия (освоение ОДУ) синего краба в западной части Берингова моря от максимального вылова, наблюдавшегося в изучаемом историческом периоде. Индекс относительного освоения ОДУ ($I\%V$) является непосредственно оценочной характеристикой промысловой смертности эксплуатируемой популяции синего краба.

Последние три относительных индекса устанавливаются только для промысловых самцов. Данные для индексов, использующих промысловую статистику $I\%M$, $I\%t$ и $I\%V$ взяты из ежедневных суточных судовых донесений (ССД) отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства.

Алгоритм расчёта для всех относительных индексов имеет вид формулы (1) с применением соответствующих максимальных показателей их параметров за 2005–2021 гг. (см. табл. 1, 2). Таким образом, все индексы относительности ($I\%N$, $I\%P$, $I\%M$, $I\%Vm$, $I\%V$) будут представлены в едином масштабе (в процентах) [Моисеев и др., 2021], а имеющийся материал позволит провести сравнительный анализ индексов относительности для пяти параметров.

Таблица 2. Максимальные значения различных статистических параметров *P. platypus* за 2005–2021 гг.
Table 2. Maximum values of various statistical parameters of *P. platypus* for 2005–2021

Параметры	Самцы промысловые	Пререкруты I	Пререкруты II	Ранняя молодь	Самки
	≥130 мм	115–129 мм	100–114 мм	<100 мм	
Численность, млн экз.	18,2 (2017*)	5,0 (2012)	5,1 (2012)	5,1 (2012)	30,3 (2012)
Плотность, экз./кв. км	560 (2014)	135 (2014)	145 (2007)	145 (2007)	912 (2014)
Улов, экз./лов	4,5 (2017)	–	–	–	–
с/с** вылов, т	10,1 (2017)	–	–	–	–
Общий вылов за год, т	4732 (2020)	–	–	–	–

Примечание: * – год наблюдения максимальных значений; ** – среднесуточный вылов краболовных судов за год.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Имеющиеся ретроспективные данные по численности функциональных групп синего краба рассматриваются в сравнении между индексом относительной численности ($I\%N$) и индексом относительной плотности распределения ($I\%P$) для всех групп крабов представленных в табл. 1. Для группы промысловых самцов наравне с индексами $I\%N$ и $I\%P$ рассматриваются ещё три индекса – индекс относительного среднесуточного вылова ($I\%M$), индекс относительного улова на самплер ($I\%m$) и индекс относительного годового вылова ОДУ ($I\%V$).

Индекс относительной численности ($I\%N$)

Исходя из данных прямого учёта синего краба в Западно-Беринговоморской зоне (см. табл. 1) и результатов расчётов по формуле (1) была сформирована база с индексами относительной численности ($I\%N$) для пяти функциональных групп *P. platypus*. Ретроспективную динамику индекса относительной численности $I\%N$ представили в графическом виде для каждой функциональной группы по отдельности (рис. 2). Среди функциональных групп синего краба численность самцов непромыслового размера и самок оказалась наиболее вариабельной. У этих групп в период 2005–2008 гг. наблюдалось снижение индекса относительной численности, а затем отмечался рост до максимальных значений в 2012 г. Начиная с 2013 г. по настоящее время вновь наблюдались снижение и вариативность их индексов относительной численности $I\%N$.

Промысловые самцы. В начале рассматриваемого периода с 2005 по 2010 гг. у этой группы крабов наблюдалось небольшое колебание численности с постепенным снижением относительного индекса $I\%Np$. В 2010 г. было отмечено минимальное историческое

значение, которое составило около 20% (единиц). В дальнейшем у самцов с ШК ≥130 мм наблюдался рост индекса $I\%Np$, достигнув максимального значения в 2017 г. К настоящему времени численность промысловых самцов снизилась и стабилизировалась, её индекс $I\%Np$ не превышает 35% (рис. 2 А).

Непромысловые самцы. У трёх функциональных групп самцов, составляющих непромысловую часть особей с ШК <130 мм (рис. 2 Б; В; Г), наблюдалось практически синхронное колебание значений индекса относительной численности $I\%N$. В ретроспективе можно выделить четыре периода. В период 2005–2008 гг. у пререкрутов I наблюдалось снижение значений их индекса $I\%N1$, в 2008 г. было зафиксировано минимальное значение индекса $I\%N1$ –18%. С 2009 по 2012 гг. у всех групп молоди шёл интенсивный рост индекса $I\%N$ с достижением максимальных значений в 2012 г., а с 2013 по 2015 гг. наблюдалось кратное снижение $I\%N$. В 2015 г. у пререкрутов II и ранней молоди были достигнуты минимальные значения индекса $I\%N$. В последние годы индексы относительной численности у пререкрутов I–II ($I\%N1$ и $I\%N2$) и ранней молоди самцов ($I\%N3$) варьируют в значительных пределах от 15 до 35%.

Самки. В начале анализируемого периода у самок произошло многократное снижение численности в 2006 г., в этот год их относительный индекс $I\%Ns$ имел минимальное значение – всего 5,9%. В дальнейшем с 2007 до 2012 гг. у самок шёл рост численности, в 2012 г. была достигнута максимальная величина индекса $I\%Ns$. С 2013 по 2017 гг. относительный индекс ($I\%Ns$) у самок уменьшился до значений 55–75%. К настоящему времени индекс $I\%Ns$ самок уже упал до 15–12% и находится незначительно выше минимальных значений 2006 г. (рис. 2 Д).

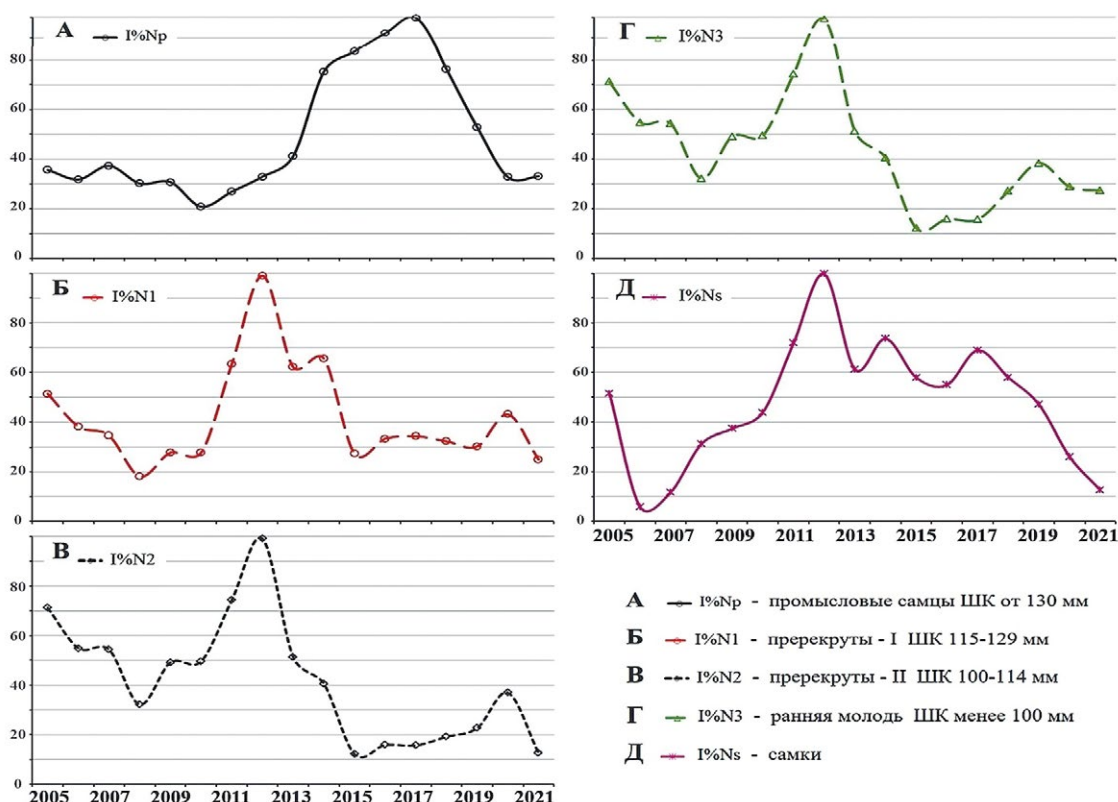


Рис. 2. Динамика индекса численности $I\%N$ среди различных функциональных групп *P. platypus* в 2005–2021 гг. (ось ординат $I\%N$ – индекс относительной численности в%. Максимальные величины численности в абсолютных значениях равные 100% даны в табл. 2):

А – промысловые самцы с ШК ≥ 130 мм; Б – пререкруты I с ШК 115–129 мм; В – пререкруты II с ШК 100–114 мм; Г – ранняя молодежь с ШК < 100 мм; Д – самки

Fig. 2. Dynamics of the $I\%N$ abundance index among various functional groups of *P. platypus* in 2005–2021 (The ordinate axis $I\%N$ is the relative population index in%. The maximum numbers in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

А – commercial males with a WC ≥ 130 mm; Б – prerekruts I with a WC of 115–129 mm; В – prerekruts II with a WC of 100–114 mm; Г – early juveniles with a WC < 100 mm; Д – females

Индекс относительной плотности распределения ($I\%P$)

В рассматриваемый период все три функциональные группы непромысловых самцов имели сходную ретроспективную динамику, для более наглядной визуализации происходящей динамики индекса плотности $I\%P$ пререкрутов II и раннюю молодежь объединили в одну группу. У всех функциональных групп синего краба с 2005 по 20217 гг. индекс относительной плотности $I\%P$ имеет многопиковую пилообразную форму с большими перепадами значений $I\%P$. Если у непромысловых групп самцов индекс $I\%P$ демонстрировал синхронность в амплитудах в течение всего периода наблюдений, то у самок в 2005–2008 гг. и у промысловых самцов в 2011–2013 гг. отмечалась асинхронность в динамике значений индекса плотности $I\%P$ (рис. 3).

Наибольшее значение индекса плотности промысловых самцов ($I\%Pp$) наблюдалось в 2007, 2014 и 2016 гг., а максимальное значение было в 2014 г. У самцов пререкрутов I наибольшие значения индекса плотности ($I\%P1$) были в 2007, 2012 и 2014 гг. с максимальной величиной в 2014 г. Максимальное значение индекса у объединённой группы молодых самцов, состоящей из пререкрутов II и ранней молодежи ($I\%P2-3$), было отмечено в 2007 г., высокие показатели индекса были и в 2012–2014 гг. Следует отметить, что по сравнению с другими годами в указанные выше годы с максимальным значением плотностей площадь исследований была наименьшей (20–40 тыс. км²). Данное обстоятельство повлияло на получение высоких значений средних плотностей распределения крабов в районах НИР. В настоящий период индексы относительной плотности $I\%P$ всех функциональных групп синего краба находятся на очень низком уровне, со-

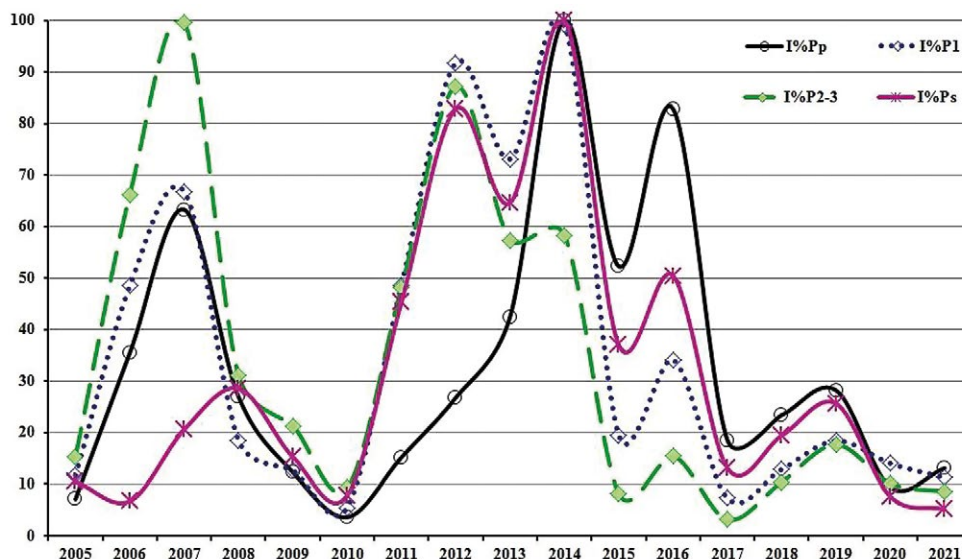


Рис. 3. Динамика индекса относительной плотности распределения $I\%P$ среди различных функциональных групп *P. platypus* в 2005–2021 гг. (ось ординат $I\%P$ – индекс относительной плотности распределения крабов в%. Максимальные величины плотности в абсолютных значениях равные 100% даны в табл. 2):

$I\%Pp$ – индекс относительной плотности промысловых самцов с ШК ≥ 130 мм; $I\%P1$ – индекс пререкрутов I с ШК 115–129 мм; $I\%P2-3$ – индекс молодых самцов с ШК ≤ 114 мм; Д – $I\%Ps$ индекс относительной плотности самок

Fig. 3. Dynamics of the index of relative density of distribution $I\%P$ among various functional groups of *P. platypus* in 2005–2021 (The ordinate axis $I\%P$ is the index of the relative density of the crab distribution in%. The maximum density values in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

$I\%Pp$ – index of relative density of commercial males with WC ≥ 130 mm; $I\%P1$ – index of precruits I with WC 115–129 mm; $I\%P2-3$ – index of young males with WC ≤ 114 mm; $I\%Ps$ – index of relative density of females

ставляя около 10%. Этот показатель вызван не только снижением численности ближайшего пополнения в популяции синего краба, но и различной плотностью распределения крабов на больших акваториях исследований.

Индекс относительного среднесуточного вылова ($I\%M$) промысловых судов

В 2005–2021 гг. индекс среднесуточного вылова $I\%M$ краболовных судов за год указывает на значительную вариабельность этого показателя в 2006–2008 гг. и с 2013 г. по настоящее время (рис. 4 А). Наименьшее значение индекса $I\%M$ отмечалось в 2008 г. (около 12%), а максимальное было в 2017 г. В настоящее время в Западно-Берингоморской зоне индекс относительного среднесуточного вылова $I\%M$ установился в пределах 50–60%. Наибольший рост среднесуточного вылова отмечен с 2013 г. Данное обстоятельство, связанное с резким ростом индекса $I\%M$, вызвано изменениями организационно-правовых норм. Начиная с 2013 г. были введены нормативы суточного вылова синего краба для промысловых судов. В 2017 г. было отмечено максимальное значение среднесуточного вылова, а также в этот год отмечен наибольший промысловый запас синего краба.

Индекс относительного улова на самплер ($I\%t$)

Этот индекс отражает динамику промыслового усилия и менее вариабелен в ретроспективной динамике, чем индекс среднесуточного вылова судов $I\%M$. Индекс $I\%t$ постепенно снижался в период с 2007 г. до 2012–2013 гг., достигнув минимального значения (около 13 единиц). После 2013 г. наблюдался интенсивный рост этого показателя, а в 2017 г. было достигнуто максимальное значение. В настоящий период значение индекса относительного улова на ловушку (самплер) варьирует в пределах 60–70% (рис. 4 Б), он незначительно выше индекса $I\%M$.

Индекс относительного освоения ОДУ ($I\%V$)

Данный индекс отражает ежегодную промысловую смертность (вылов рекомендованного объёма ОДУ). В отличие от индекса среднесуточного вылова судов $I\%M$ и индекса среднего вылова на ловушку $I\%t$ индекс $I\%V$ оказался менее вариабельным из них. Минимальное значение индекса вылова ($I\%V$) наблюдалось в начале ретроспективного периода в 2005 г., а максимальное значение $I\%V$ было в 2020 г. (рис. 4 В). На современном этапе значение индекса относительного освоения ОДУ $I\%V$ находится чуть выше 95 единиц.

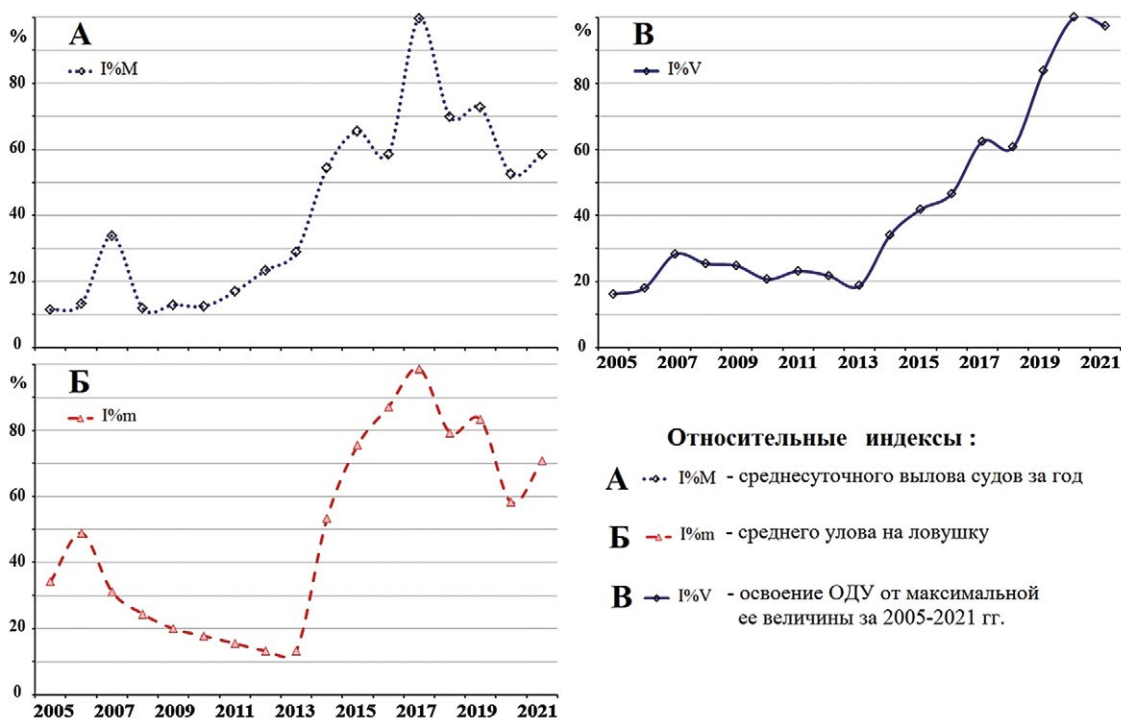


Рис. 4. Динамика относительных индексов для промысловых самцов *P. platypus* в 2007–2021 гг. (ось ординат – индексы относительности, в%. Максимальные величины параметров в абсолютных значениях, равные 100%, даны в табл. 2):

(А) I%M – индекс относительного среднесуточного вылова промысловых судов; (Б) I%m – индекс относительного улова на самплер (I%m) за год; (В) I%V – индекс освоения ОДУ от максимальных объемов вылова за период 2005–2021 гг.

Fig. 4. Dynamics of relative indices for commercial males of *P. platypus* in 2007–2021 (The ordinate axis is the relativity indices in%. The maximum values of the parameters in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

(А) I%M is the index of the relative average daily catch of fishing vessels; (Б) I%m is the index of the relative catch per sampler (I%m) for the year; (В) I%V is the catch index the recommended amount of withdrawal from the maximum catch for the period 2005–2021

ОБСУЖДЕНИЕ

В западной части Берингова моря более 30 лет промышленный вылов синего краба носит непрерывный характер. В зависимости от перераспределения в промысловой части синего краба его освоение осуществляется в Корякском районе или в Наваринском [Андронов, Мясников, 1999; Мясников, Андронов, 1999; Федотов, Винников, 2015; Федотов, 2017; Федотов, Черниенко, 2019; Буяновский, 2020 б]. В период максимальной численности синего краба на обоих промысловых районах формируются практически равные по плотности распределения скопления этого вида. Подобная картина наблюдалась в 2017 и 2021 гг.

Применение индекса относительной численности на историческом отрезке помогает в простой и доступной форме показать как текущую картину состояния запаса краба, так и динамику ретроспективного развития состояния изучаемой единицы запаса [Моисеев и др., 2021]. Ранее, для изучения промысловых скоплений крабов, А.Ю. Огурцовым [2005] было при-

менено единое масштабирование уловов крабов за разные годы и сезоны, выраженное в процентах от максимального улова, отмеченного в изучаемый исторический период. Подобный подход единого масштабирования было применено для ряда относительных индексов (I%N, I%P, I%M, I%m и I%V), характеризующих различные параметры единицы запаса. Ввиду того, что все эти индексы относительности выражены в едином масштабе, то их значения можно объединить в едином визуализированном ретроспективном графике.

Исходя из результатов учётных съёмок 2005–2021 гг., необходимо сравнить актуальность индекса относительной численности I%N и индекса относительной плотности I%P. Максимальные межгодовые перепады значений индекса I%N были редкими и составляли до 25–35%, исключение было однажды у ранней молодежи, когда перепад составил 45 единиц (см. рис. 2). А вот, колебания индекса I%P были резкими и частыми с многочисленными перепадами до 60 и более единиц (см. рис. 3). Вариабельность индекса I%P на ретроспективном отрезке оказалась не кор-

ректной для характеристики состояния численности той или иной функциональной группы синего краба. Значение этого индекса оказалось зависимым от площади проведения НИР, а также и от миграционных и поведенческих особенностей синего краба, влияющих на формирование плотности скоплений. Подобное свойство вариативности индекса относительной плотности западно-берингоморской популяции синего краба имеет сходство с таковым индексом для западно-камчатской популяции синего краба. Это связано с тем, что основная доля запаса в популяции синего краба (до 60 и более%) может находиться на относительно небольшой площади, поэтому в определённых случаях во время учётных съёмок исследования проводятся не на всем ареале эксплуатируемой популяции, а только на её части – там, где имеются повышенные скопления этого вида. В этих случаях оценка запаса снижается не так значительно, а вот средняя плотность распределения объекта по району НИР резко возрастает [Моисеев, Моисеева, 2019; Моисеев и др., 2021]. В случаях проведения НИР на малых площадях характеристика состояния запаса с применением индекса относительной плотности $I\%P$ может быть существенно завышенной и некорректной. В связи с этим этот индекс был исключён из дальнейшего сравнительного анализа относительных индексов, установленных для группы промысловых самцов $I\%M$, $I\%m$, $I\%V$ (см. рис. 4) и индекса относительной численности $I\%Np$ (см. рис. 2 А). Рассмотрение этих относительных индикаторов единым визуализированным блоком на одном графике позволяет дать как ретроспективную, так и текущую характеристику состояния запаса западно-берингоморской популяции синего краба.

Промысловые самцы, сравнительный анализ индексов $I\%N$, $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$

Ранее А.И. Буяновским [2020 а, б] было показано, что выгодным преимуществом для характеристики полученных оценок запаса является включение в математические расчёты запасов крабов данных промысловой статистики, научного мониторинга и материалов учётных съёмок. А применение граничных процентилей 33,3 и 66,7%, в цветовых полях метода «светофора», можно успешно дополнить четырёхзонным методом квартилей с интервалом 25% [Моисеев и др., 2021]. Каждая зона квартилей характеризует состояние запаса через значения относительных индексов, выраженных в процентах: 1) хорошее ($Q_1 > 75$); 2) удовлетворительное ($50 > Q_2 \leq 75$); 3) неопределённое ($25 > Q_3 \leq 50$); 4) неудовлетворительное ($Q_4 \leq 25$) (этот запас находится в зоне депрессии).

В связи с этим для функциональной группы промысловых самцов ниже рассмотрены основные относительные индексы $I\%N$, $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ (рис. 5), а их максимальные величины в абсолютных значениях (см. табл. 2) были приняты за 100%. В ретроспективном периоде 2005–2021 гг. можно выделить 3 периода – снижение значений относительных индексов, их роста и нового снижения индексов.

Первый период 2005–2010 гг. – период низких значений как индексов из промысловой статистики ($I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$), так и индекса относительной численности промысловых особей ($I\%Np$). По методу «светофора» практически все они были менее граничной величины 33,3% и должны находиться в красном поле. Исключение было у индекса относительного вылова на ловушку $I\%m$ в 2006 г. (49%), но далее, в отличие от других индексов, индекс $I\%m$ в течение 7 лет продолжал снижаться до 2013 г. Более подробные характеристики значениям относительных индексов даёт четырёхзонный метод квартилей. В первом периоде индексы относительности периодически были в зоне неопределённости (Q_3) или в зоне депрессивного состояния (Q_4), но они имели постоянный тренд на снижение. Индекс относительной численности $I\%Np$ в 2005–2009 гг. постоянно находился в зоне неопределённости (Q_3) и лишь в 2010 г. этот индекс оказался в верхней части зоны депрессии (около 21%), как и другие индексы $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ (рис. 5). Следует отметить, что в 2005–2010 гг. низкие значения промысловых относительных индексов $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$, характеризующих промысловую смертность, прямо или косвенно, но, возможно, положительно повлияли на рост промысловой численности синего краба в последующие годы второго периода.

Второй период 2011–2017 гг. – период роста значений индексов промысловой статистики ($I\%M$ и $I\%V$) и индекса численности $I\%Np$. Индекс относительного промыслового усилия на ловушку ($I\%m$), начав снижаться в 2007 г., продолжил постепенное снижение и в 2011–2013 гг., достигнув минимального значения в 2013 г. В 2014 г. был отмечен резкий рост значений индекса $I\%m$. При оценке индикаторов трёхзонным методом «светофора», все индексы в 2014 г. покинули красное поле и вошли в зону жёлтого поля. В 2017 г. индексы $I\%Np$, $I\%M$ и $I\%m$ достигли предельных значений. Во втором периоде индекс освоения объёмов ОДУ $I\%V$ оставался в жёлтом поле и продолжал постепенный рост (до 63%). При оценке показателей индексов четырёхзонным методом квартилей отличия от метода «светофора» были незначительными. Так продолжительность нахождения индексов $I\%Np$ и $I\%m$ в зоне высоких значений (Q_1) была не

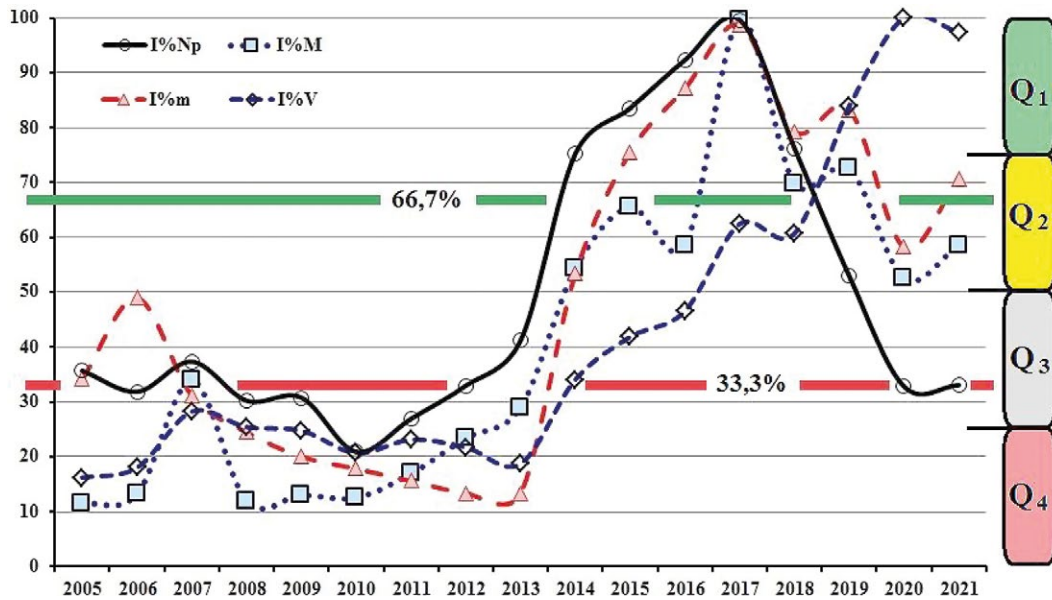


Рис. 5. Сравнение относительных индексов, применяемых для промысловых самцов *P. platypus*: $I\%N$ – индекс относительной численности; $I\%M$ – относительный индекс среднесуточного вылова судов за год; $I\%m$ – относительный индекс среднего улова на самплер; $I\%V$ – относительный индекс освоения (вылова) ОДУ краба за год. Линиями 33,3% и 66,6% обозначены пороговые значения метода «светофора». Обозначение Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 – четыре зоны метода кватерилей

Fig. 5. Comparison of relative indices used for commercial males of *P. platypus*. Designation: $I\%N$ relative abundance index; $I\%M$ relative index of average daily catch of vessels for the year; $I\%m$ relative index of average catch per sampler; $I\%V$ relative catch index of recommended crab withdrawal for the year. The lines 33.3% and 66.6% indicate the threshold values of the “traffic light” method. The designation Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 is the four zones of the quartile method

продолжительной (2015–2017 гг.), а индекс $I\%M$ был в зоне Q_1 только в 2017 г.

Третий период 2017–2021 гг. – период вариабельного снижения значений индексов $I\%M$ и $I\%m$ в район между зонами Q_1 и Q_2 , а также существенного снижения индекса относительной численности $I\%Np$ в нижнюю часть зоны неопределённости (Q_3). В 2017–2021 гг. значения индекса освоения объёмов ОДУ $I\%V$ продолжали рост, начатый во втором периоде, достигнув предельной величины в 2020 г. и чуть снизившись в 2021 г. (рис. 5).

В период с 2017 по 2021 гг., с одной стороны, относительные индексы, отражающие промысловую статистику $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$, находятся на высоком уровне как по методу «светофора», так и по четырёхзональному методу кватерилей. Но, с другой стороны, индекс относительной численности среди промысловых самцов $I\%Np$ по методу «светофора» находится возле критической границы (33,3%) вхождения в красное поле. В отличие от метода «светофора» по четырёхзональному методу кватерилей промысловый запас находится практически в середине зоны неопределённости, а данный уровень численности не столь критичен для запаса. Стабилизация значений индекса промысловый численности самцов $I\%Np$ в 2020–2021 гг. позволяет предположить, что в ближайшие год-два мож-

но будет ожидать восстановления значений индекса численности промысловых особей $I\%Np$ до 40–50%, что соответствует верхнему уровню зоны неопределённости (Q_3). Подобный сценарий развития динамики промыслового запаса станет возможным в случае дальнейшего снижения промысловых индексов $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ или, если их значения останутся на уровне 2021 г. На подобный сценарий развития динамики запаса указывает ретроспективная динамика индексов относительности $I\%M$, $I\%m$, $I\%V$, и $I\%Np$ (см. рис. 5).

Применение индекса $I\%N$ для оценки состояния запаса или численности

В различных районах обитания синего краба при оценке численности различных функциональных групп среди непромысловых самцов имеются отличия в формировании функциональных групп. В Западно-Беринговоморской зоне и в подзоне Приморье пререкруты I порядка составляют 115–129 мм, пререкруты II порядка – 100–114 мм, ранняя молодь <100 мм. В подзонах Охотского моря параметры пререкрутов отличаются более узкими размерными классами: пререкруты I – 120–129 мм, пререкруты II – 110–119 мм, а ранняя молодь <110 мм. Возможно, имеющиеся отличия в размерных диапазонах функциональных групп молодых самцов, в указанных

выше района, обусловлены особенностями темпа роста у синего краба, обитающего в разных климатических районах. Поэтому, при формировании размерно-функциональных групп крабидов необходимо учитывать и их линейный прирост по ШК после линьки, который составляет до 1,5–2,0 см [Клитин, 1996; Слизкин, Долженков, 1997; Лысенко, Гайдаев, 2005; Федотов, Черниенко, 2019]. Поэтому, в районе западной части Берингова моря для самцов непромыслового размера можно сформировать две группы. Исходя из возможного линейного прироста крабов, группу ближайшего промыслового пополнения из пререкрутов I с ШК 115–129 мм нужно оставить без изменения размерного класса, а самцов пререкрутов II и раннюю молодь объединить в одну группу с ШК менее 115 мм. Объединение двух групп молодых самцов в одну группу сократит число функциональных групп самцов до трёх. Тем более, что функциональные группы непромысловых самцов имеют сходную вариабельность, а вариативность пререкрутов II и ранней молоди самцов очень близка между собой как в абсолютных единицах, так и при выражении их в одном масштабе (см. табл. 1 и рис. 2 В; Г). В этом случае индексы относительной численности индекса $I\%N$ для пяти функциональных групп (см. рис. 2) можно объединить в одном графике, избежав его перегруженности. Демонстрация

ретроспективной динамики индексов относительной численности ($I\%N$) функциональных групп синего краба, выполненная единым графиком, позволяет наглядно и оперативно дать качественную оценку состоянию запаса на любом отрезке изучаемого исторического периода [Моисеев и др., 2021].

Для оценки состояния запаса синего краба был построен график динамики численности четырёх групп в относительных индексах $I\%N$: для промысловых самцов – $I\%Np$; для пререкрутов I – $I\%N1$; для объединённой группы молодых самцов (ШК ≤ 114 мм) – $I\%N2-3$ и для самок – $I\%Ns$. В отличие от индексов промысловой статистики $I\%M$, $I\%t$ и $I\%V$, имеющих общую тенденцию ретроспективной динамики (см. рис. 5), у индексов численности $I\%N$ среди выделенных четырёх функциональных групп такая взаимосвязь встречается частично (рис. 6).

В период 2005–2021 гг. для функциональных групп выделяются четыре периода, в которых индексы численности у 2–3 групп имели общий тренд развития динамики, а у одной и иногда у двух групп тренды были разнонаправленными. Поэтому, динамику значений индексов для функциональных групп, представленных единым графическим блоком, можно рассмотреть как в свете граничных значений процентилей 33,3 и 66,7%, так и в зонах квартилей (Q_1-Q_4). Следует

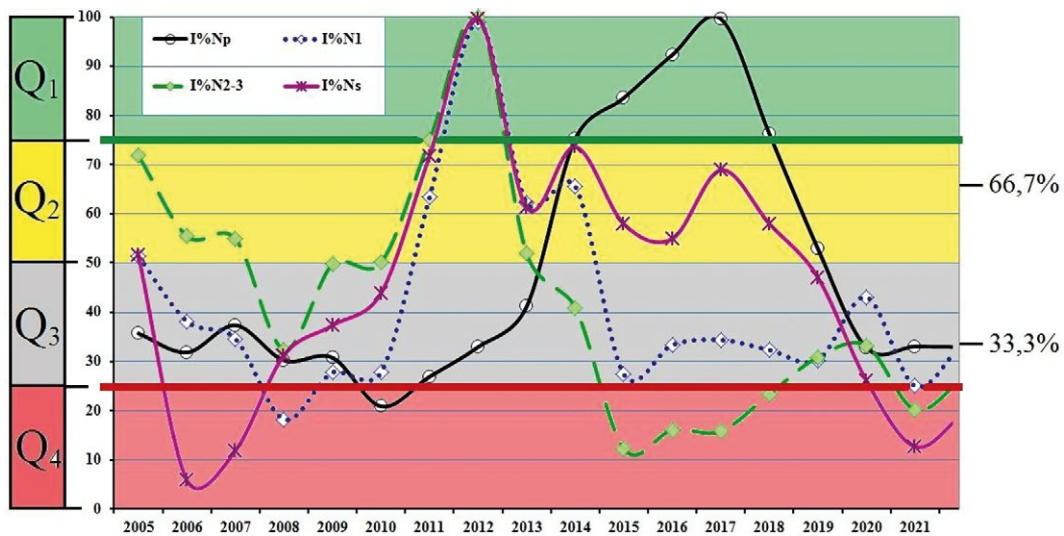


Рис. 6. Динамика индексов относительной численности *P. platypus* в 2007–2021 гг. (ось ординат – относительные индексы $I\%Np$, $I\%N1-3$, $I\%Ns$, в процентах):

$I\%Np$ – индекс относительной численности промысловых самцов; $I\%N1$ – индекс относительной численности всех пререкрутов I (ШК 115–129 мм); $I\%N2-3$ – индекс относительной численности молодых самцов с ШК ≤ 114 мм; $I\%Ns$ – индекс относительной численности самок. Цифрами 33,3% и 66,6% обозначены пороговые значения метода «светофора». $Q_1-Q_2-Q_3-Q_4$ – четыре зоны метода квартилей

Fig. 6. Dynamics of *P. platypus* relative abundance indices in 2007–2021 (Ordinate axis – relative indices $I\%Np$, $I\%N1-3$, $I\%Ns$ as a percentage):

Designations: $I\%Np$ – index of the relative number of commercial males; $I\%N1$ – index of relative abundance of prerekruts I (WC 115–129 mm); $I\%N2-3$ – index of relative abundance of young males with WC ≤ 114 mm; $I\%Ns$ – index of the relative number of females; The figures 33.3% and 66.6% indicate the threshold values of the traffic light method. $Q_1-Q_2-Q_3-Q_4$ – four zones of the quartile method

заметить, что максимальные значения численности по данным учётных съёмов за ретроспективный период 2005–2021 гг. (см. табл. 2) приняты за 100%.

Период 2005–2010 гг. Это период низких значений индекса самцов промыслового размера $I\%Np$, метод «светофора» указывал, что значения этого индекса были в красном поле или около граничных значений 33,3%. Метод же квартилей свидетельствовал о том, что численность промысловых самцов была более благополучной, их индекс численности $I\%Np$ оставаясь в нижней части зоны неопределённости (Q_3) постепенно снижался. В зоне депрессивного состояния (Q_4) значение индекса $I\%Np$ было кратковременным – только в 2010 г. (рис. 6).

В это же время, начиная с 2005 г. происходит резкое снижение индекса численности $I\%N1$ пререкрутов I и индекса $I\%N2-3$ молодых самцов (ШК ≤ 114 мм) из благополучной градиентной зоны 66,7%. В 2008 г. обе группы непромысловых самцов были уже в красном поле – менее 33,3%. Но метод квартилей был не столь категоричен, т. к. группа молодых самцов не достигла депрессивной зоны (Q_4). А пререкруты I были в депрессивной зоне только в 2008 г. (около 19%), а в 2021 г. индекс численности $I\%N1$ вновь достиг уровня 2009–2010 гг. и составлял 25%. Индексы численности непромысловых групп самцов находясь на уровне 2009–2010 гг. косвенно могут указывать на краткосрочный характер их неблагоприятного состояния. Резкие перепады и большие амплитуды значений индекса численности для молоди крабидов явление обычное [Слизкин, Сафронов, 2000].

Индекс численности самок $I\%Ns$ после 2005 г. восьмикратно снизился за один год, войдя в красную зону на два года (2006–2007 гг.), а в 2009–2010 гг. индекс $I\%Ns$ уже был в верхней части зоны неопределённости (Q_3), достигнув значения около 45% (рис. 6).

Период 2011–2013 гг. Этот трёхлетний период характеризуется равномерным и постепенным ростом индекса промысловой численности у самцов $I\%Np$ в зоне неопределённости (Q_3) с 27 до 41%. А по трёхзональному методу «светофора» индекс промысловых самцов ещё два года был в красном поле. В это же время другие функциональные группы крабов, характеризующиеся индексами $I\%N1$, $I\%N2-3$ и $I\%Ns$, синхронно и стремительно увеличивали значения своих индексов на 50–60 единиц, достигнув исторического максимума в 2012 г. (рис. 6). А уже в 2013 г. параметры этих индексов также резко снизились на 30–40%. При этом, в период 2011–2013 гг. в отличие от индекса промысловой численности самцов, пребывавших в зоне неопределённости (Q_3), группы молодых самцов и самок находились в двух благополучных зо-

нах, характеризующихся как удовлетворительная (Q_2) и хорошая (Q_1).

Период 2014–2018 гг. Индекс промысловой численности самцов $I\%Np$ в этот период вошёл в зону удовлетворительного состояния (Q_2) и в 2017 г. достиг в зелёной зоне Q_1 максимальных величин (рис. 6). В то же время, значения индекса численности пререкрутов I ($I\%N1$) и индекса молодых самцов ($I\%N2-3$) с ШК менее 115 мм быстро снижались. Индекс численности функциональной группы молодых самцов ($I\%N2-3$) уже в 2015 г. достиг зоны депрессии и минимальных значений за изучаемый период. В депрессивной зоне неудовлетворительного состояния (Q_4) молодые самцы находились четыре года до 2018 г. Значения индекса относительной численности самок в этот период были в удовлетворительной зоне (Q_2) и варьировали на уровне 66,7% (граничная зона метода «светофора»).

Период 2019–2021 гг. В текущий период индексы относительной численности всех функциональных групп после 2019 г. вошли в зону неопределённости Q_3 (рис. 6). Индексы относительной численности промысловых самцов $I\%Np$ и пререкрутов I снизились до нижней части зоны неопределённости (Q_3), где они и будут, по-видимому, и в 2022 г. Предполагаемые значения на 2022 г. можно определить исходя из сложившегося среднего значения тренда за два-три последних года. Индексы маломерных самцов с ШК менее 115 мм ($I\%N2-3$) и самок ($I\%Ns$) в 2021 г. вошли в зону депрессии (Q_4). В случае развития динамики их численности по сценарию 2007–2008 гг. их индексы ($I\%N2-3$) и ($I\%Ns$) способны уже в 2022 г. войти в нижнюю часть зоны неопределённости (Q_3). Возможно, что 2022–2023 гг. могут стать определяющими, когда начнётся восстановление и рост численности всех функциональных групп синего краба западно-берингоморской популяции, так как подобное уже происходило в 2008–2010 гг. Одним из благоприятных условий развития подобного сценария может стать снижение или сохранение относительных индексов промысловой смертности на уровне 2021 г. (см. рис. 4–5), которая может составлять до 2 и более млн экз.

Построенная динамика индексов численности для различных функциональных групп синего краба (рис. 6) представляет собой динамику ретроспективных данных единым блоком. В настоящий период можно предположить, что в 2022–2023 гг. индексы численности $I\%N$ всех групп как минимум могут оставаться на уровне двух последних лет. В этом случае, индексы относительности, характеризующие численности функциональных групп из негативной зоны,

войдут в неопределённую (Q_3) достигнув уровня 40–45%. Сформированную базу данных прямого учёта в период 2005–2021 гг. (см. табл. 1) в последующие годы необходимо дополнять регулярными учётными траловыми съёмками, как это наблюдалось в последние годы с 2014 г. В этом случае, оценка состояния запаса синего краба по четырёхзональному квартильному методу может служить оперативным индикатором в дополнение к модельным расчётам оценок запаса этого вида. Индекс относительной численности можно применять в комплексе с другими методами для принятия оперативного управленческого решения в определения оценок запаса или изъятия синего краба в Западно-Беринговоморской зоне как на текущий период, так и на 1–2 года вперед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный ретроспективный сценарий динамики относительных индексов численности ($I\%N$) различных функциональных групп синего краба за период 2005–2021 гг. (см. рис. 6) отражает процесс, происходящий с состоянием запаса синего краба в рассматриваемый период. В период 2020–2021 гг. индексы функциональных групп молодых самцов и самок находятся в зонах, характеризующих их состояние как неудовлетворительное и неопределённое. Но подобная ситуация для этих функциональных групп синего краба происходила и ранее. Наблюдающаяся сейчас динамика значений индексов численности ($I\%N$) совпадает с характером динамики значений этих же индексов численности в 2008–2010 гг., когда после периода низких значений индексов следовал интенсивный рост их показателей, сходной динамики можно ожидать и в ближайшие 2022–2023 гг.

В целом же результаты позволяют предложить использовать индекс относительной численности $I\%N$ для ретроспективной оценки и анализа состояния запаса западно-берингоморской популяции синего краба. Этот индекс относительной численности может служить индикатором качественной оценки, характеризующей состояние численности (запаса) как для отдельно выделенной функциональной группы крабов, так и для объединённых групп крабов, населяющих Западно-Берингоморскую зону в целом или для её отдельных промысловых районов. Оценка состояния запаса по четырёх-зональному квартильному методу позволяет его использовать как дополнительный индикатор в принятии оперативного управленческого решения.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность коллегам, участвовавшим в сборе

данных, научным сотрудникам рыбохозяйственных институтов П.Ю. Иванову, Т.Б. Морозову, А.И. Поветкину и большую признательность экипажам научно-исследовательских судов за всевозможную помощь в экспедициях 2005–2021 гг.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа была выполнена в порядке личной инициативы и не имела дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. 2017. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 1. С. 21–41.
- Андронов П.Ю., Мясников В.Г. 1999. Распределение и биология синего краба (*Paralithodes platypus*) в наваринском районе в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 96–105.
- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО. 192 с.
- Баканёв С.В. 2008. Результаты применения стохастической когортной модели CSA для оценки запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. Т. 9. № 2 (34). С. 294–306.
- Баканёв С.В. 2016. Методы оценки ориентиров управления запасом камчатского краба в Баренцевом море // Труды ВНИРО. Т. 161. С. 16–26.
- Бизиков В.А., Буяновский А.И., Гончаров С.М., Поляков А.В., Попов С.Б., Сидоров Л.К. 2013. Базы данных и геоинформационные системы в управлении водными биологическими ресурсами // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов. Мат. I Науч. шк. мол. учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящённой 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисеева. (15–19 апреля 2013 г.; Звенигород). М.: Изд-во ВНИРО. С. 108–133.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «Картмастер» для обработки данных биоресурсных съёмок // VII Всеросс. конфер. пром. беспозв. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Буяновский А.И. 2012. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. М.: Изд-во ВНИРО. 222 с.
- Буяновский А.И. 2020 а. Использование промысловой статистики для корректировки оценок запасов краба-стригуна опилио в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 1. С. 106–124.

- Буяновский А.И. 2020 б. Динамика промысловых запасов синего краба в морях России с учётом данных промысловой статистики // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 4. С. 423–439.
- Буяновский А.И., Алексеев Д.О. 2017. Промысловая статистика как индикатор состояния запаса промысловых беспозвоночных // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 3. С. 268–282.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2015. Об одном модельном подходе к оценке состояния запасов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 38–47.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2018. К оценке состояния запасов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 50. С. 27–33.
- Клитин А.К. 1996. Камчатский краб шельфовой зоны о. Сахалин (литературный обзор, история промысла, пространный обзор и функциональная структура популяции) // Вестник сахалинского музея. № 1 (3). С. 324–342.
- Лысенко В.Н., Гайдаев В.Э. 2005. Рост камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в северной части западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 143. С. 119–127.
- Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 284 с.
- Михеев А.А. 2003. Стохастическая когортная модель для беспозвоночных с прерывистым ростом // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Тр. СахНИРО. Т. 5. С. 216–242.
- Михеев А.А. 2004. Моделирование стохастических процессов в эксплуатируемых популяциях рыб и беспозвоночных. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 24 с.
- Михеев А.А., Букин С.Д., Первеева Е.Р., Живоглядова Л.А., Крутченко А.А., Смирнов И.П. 2012. Оценка запасов беспозвоночных в Сахалино-Курильском районе на основе анализа временных рядов уловов с применением фильтра Калмана // Изв. ТИНРО. Т. 168. С. 99–120.
- Моисеев С.И. 2003. Промыслово-биологические исследования камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в январе-марте 2002 г. в прибрежной зоне Варангер-фиорда (Баренцево море) // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 151–177.
- Моисеев С.И., Моисеева С.А. 2019. Исследования доминирующих промысловых видов крабов Охотского моря осенью 2018 г. и весной 2019 г. // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 204–214.
- Моисеев С.И., Сологуб Д.О., Шагинян Э.Р. 2021 а. Индекс относительной численности как оперативная оценка состояния запаса синего краба в заливе Шелихова Охотского моря // Труды ВНИРО. Т. 185. С. 5–21.
- Мясников В.Г., Андронов П.Ю. 1999. О популяционной организации синего краба (*Paralithodes platypus*) в Беринговом море // Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 82–88.
- Огурцов А.Ю. 2005. К методике оценки запаса волосатого краба по данным ловушечных съёмок в Татарском проливе // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 294–303.
- Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.
- Федотов П.А. 2017. Распределение, состояние запасов и некоторые биологические характеристики синего краба *Paralithodes platypus* в северо-западной части Берингова моря в 2005–2016 гг. // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 13–19.
- Федотов П.А., Винников А.В. 2015. К оценке промыслового запаса синего краба (*Paralithodes platypus*) в Олюторско-Наваринском районе Берингова моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: мат-лы 6-й всерос. науч.-практ. Конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 86–90.
- Федотов П.А., Черниенко И.С. 2019. Размерный состав и темпы роста самцов синего краба (*Paralithodes platypus* Brandt, 1850) в Российском секторе Берингова моря // Изв. ТИНРО. Т. 196. С. 81–89.
- Черниенко И.А. 2016. Моделирование динамики запаса ключевого краба *Paralithodes brevipes* южных Курильских островов конечно-разностной моделью с запаздыванием // Изв. ТИНРО. Т. 185. С. 102–111.
- Черниенко И.С., Черниенко Э.П. 2019. Мультимодельный подход к прогнозированию некоторых единиц запаса водных биологических ресурсов Сахалино-Курильского региона // Вопросы Рыболовства. Т. 20. № 3. С. 374–386.

REFERENCES

- Alekseyev D.O., Buyanovskiy A.I., Bizikov V.A. 2017. General organizing principles of a unified strategy for managing crabs and king crabs fishery in the seas of Russia // Problems of fisheries. V. 18. № 1. P. 21–41.
- Andronov P. Yu., Myasnikov V.G. 1999. Distribution and biology of the king blue crab (*Paralithodes platypus*) in the Navarinsky district in the summer-autumn period // Izv. TINRO. V. 126. P. 96–105.
- Babayana V.K. 2000. Precautionary Approach to Assessment of Total Allowable Catch (TAC): Analysis and practical recommendations. M.: Izd-vo VNIRO. 192 p.
- Bakanev S.V. 2008. Application of a stochastic cohort model CSA for red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, in the Barents Sea // Problems of fisheries V. 9. № 2 (34). P. 294–306.
- Bakanev S.V. 2016. Estimation methods for biological reference points of king crab stock in the Barents Sea // Trudy VNIRO. T. 161. С. 16–26.
- Bizikov V.A., Buyanovskiy A.I., Goncharov S.M., Polyakov A.V., Popov S.B., Sidorov L.K. 2013. Application of databases and geographic information systems for the fishery management // Aktual'nye voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnyh biologicheskikh resursov. Mat.

- l nauch. shk. mol. uchenyh i spetsialistov po rybnomu hozyajstvu i ehkologii, posvyashchenoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. P.A. Moiseeva. (15–19 aprelya 2013 g.; Zvenigorod). M.: Izd-vo VNIRO. P. 108–133.
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V.* 2006. GIS «Chartmaster» – new geographic information system for processing the data of hydrological surveys // VII Vseross. Konfer. prom. bespozv. M.: Izd-vo VNIRO. P. 18–24.
- Buyanovsky A.I.* 2012. Forecast of potential catch for coastal invertebrates: data-poor cases. Moscow: Izd-vo VNIRO. 222 s.
- Buyanovsky A.I.* 2020 a. The snow crab fishery statistics in the Russian seas: attempt of the corrected assessment application // Problems of fisheries. V. 21. № 1. P. 106–124.
- Buyanovsky A.I.* 2020 b. The blue king crab commercial stocks dynamics in the Russian seas with account on fisheries statistics // Problems of fisheries. V. 21. № 4. P. 423–439.
- Buyanovsky A.I., Alexeyev D.O.* 2017. Fisheries statistics as indicator of stock assessment of marine invertebrates // Problems of fisheries. V. 18. № 3. P. 268–282.
- Ilyin O.I., Ivanov P.Yu.* 2015. On one model approach to stock assessment for red king crab *Paralithodes camtschaticus* on the shelf of West Kamchatka // Izv. TINRO. V. 182. P. 38–47.
- Ilyin O.I., Ivanov P.Yu.* 2018. To the stock abundance assessment of tanner crab in the kamchatka-kurile subzone // Issledovaniya vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana. Vyp. 50. S. 27–35.
- Klitin A.K.* 1996. The red king crab of the shelf zone o. Sakhalin (literary review, history of fishing, spatial and functional structure of populations) // Vestnik sahalinskogo muzeya. № 1 (3). S. 324–342.
- Lysenko V.N., Gaidaev V.E.* 2005. Growth of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the northern part of the West Kamchatka shelf // Izv. TINRO. T. 143. S. 119–127.
- Mikhajlov V.I., Bandurin K.V., Gornichnykh A.V., Karasev A.N.* 2003. Commercial invertebrates of shelf and continental slope of the northern part of the Okhotsk Sea. Magadan: MagadanNIRO. 284 s.
- Mikheev A.A.* 2003. A stochastic cohort model for invertebrates with the interrupted growth // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. V. 5. P. 216–242.
- Mikheev A.A.* 2004. Modelirovanie stohasticheskikh processov v ekspluatiruemykh populyacijah ryb i bespozvonochnyh [Modeling of stochastic processes in exploited populations of fish and invertebrates] // Abstract of dissertation for the degree candidate of biological sciences (Ph.D.). Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 24 s.
- Mikheev A.A., Bukin S.D., Perveyeva E.R., Zhivoglyadova L.A., Krutchenko A.A., Smirnov I.P.* 2012. Sakhalin-Kuril region invertebrate stock assessing based on the catch time series analysis with the Kalman filter application // Izv. TINRO. V. 168. P. 99–120.
- Moiseev S.I.* 2003. Fishery research of Kamchatka red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) from January to March, 2002 in the Varanger-fjord // Trudy VNIRO. V. 142. P. 151–177.
- Moiseev S.I., Moiseeva S.A.* 2019. Studies of the dominant commercial species of crabs of the Sea of Okhotsk in autumn 2018 and spring 2019 // Trudy VNIRO. V. 177. P. 204–214.
- Moiseev S.I., Sologub D.O., Shaginyan E.R.* 2021 a. Relative abundance index as an operational assessment of the state of the king blue crab stock in the Shelikhov Bay of Okhotsk Sea // Trudy VNIRO. Vol. 185. P. 5–21.
- Myasnikov V.G., Andronov P.Yu.* 1999. On the population organization of the king blue crab (*Paralithodes platypus*) in the Bering Sea // Izv. TINRO. V. 126. P. 82–88.
- Ogurtsov A.Yu.* 2005. To the technique of the estimation of stock of *Erimacrus isenbeckii* based on crab trap survey data in the Tatar Strait // Trudy VNIRO. T. 144. S. 294–303.
- Slizkin A.G., Safronov S.G.* 2000. Fishing crab in Kamchatka waters. Petropavlovsk-Kamchatskij: Severnaya Patsifika. 180 s.
- Fedotov P.A.* 2017. The distribution, the state of the stock and some of biological characteristics of blue crab *Paralithodes platypus* in the northwest part of the Bering Sea in 2005–2016 // Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Dedicated 85th Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. P. 13–19.
- Fedotov P.A., Vinnikov A.V.* 2015. To the assessment of fishing blue crab (*Paralithodes platypus*) Stock in Olyutor-Navarino region of the Bering Sea // Proc. 6th All-Russ. Sci. Pract. Conf. Natural Resources, Their Current State, Conservation, and Commercial and Technical Use. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskii Gos. Tekh. Univ. P. 86–90.
- Fedotov P.A., Chernienko I.S.* 2019. Size composition and growth rates of blue king crab *Paralithodes platypus* Brandt, 1850 in the Russian sector of the Bering Sea // Izv. TINRO. V. 196. P. 81–89.
- Chernienko I.S.* 2016. Modelling of stock dynamics for spiny king crab *Paralithodes brevipes* at southern Kuril Islands using a finite-difference model with delay // Izv. TINRO. V. 185. P. 102–111.
- Chernienko I.S., Chernienko E.P.* 2019. Multi-model approach to some marine biological resources stock forecast in Sakhalin-Kuril region // Problems of Fisheries. V. 20. № 3. P. 374–386.

Поступила в редакцию 05.04.2022 г.
Принята после рецензии 18.04.2022 г.