

УДК 595.384:639.28

Промысловые виды и их биология

Ретроспективная динамика индекса состояния запаса камчатского краба в северо-западной части Охотского моря

С.И. Моисеев¹, Д.О. Сологуб¹, А.В. Харитонов², И.С. Черниенко³, А.Д. Абаев⁴

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

² Хабаровский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»), Амурский бульвар, 13а, г. Хабаровск, 680038

³ Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690091

⁴ Магаданский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), ул. Портовая, 36/10, г. Магадан, 685000

E-mail: moiseev@vniro.ru

SPIN-коды: Моисеев С.И. – 3045-4703; Сологуб Д.О. – 3793-3311; Харитонов А.В. – 6714-6088; Черниенко И.С. – 4835-9677; Абаев А.Д. – 2475-0050

Цель работы: установить относительный индекс промыслового запаса ($\text{I}\%Z$) камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и качественно оценить динамику состояния запаса в северо-западной части Охотского моря за 1995-2023 гг.

Материал и методы: ежегодные оценки промыслового запаса краба *P. camtschaticus*, полученные по данным прямого учёта, преобразовали в относительные индексы запаса ($\text{I}\%Z$), выраженные в процентах к году с максимальной оценкой запаса в ретроспективе. Подобным способом единого масштабирования устанавливали относительные индексы для: общего вылова краба, среднесуточного вылова судна, количества суток, затраченных на общий вылов и другие параметры промысловой статистики.

Результаты: в период 1995-2023 гг. у всех относительных индексов промысловой статистики наблюдалась колебания значений от 7-10 до 90-100% с различной инерционностью во времени. Максимальные значения индексов составили: индекс промысловых запасов ($\text{I}\%Z$) в 2018 г.; индекс среднесуточного улова за год ($\text{I}\%\text{dV}$) в 2023 г.; индекс годового общего улова ($\text{I}\%\text{V}$) и другие промыслово-статистические индексы в 2003 г. Минимальные значения индексов зафиксированы в 2003-2004 и 2012-2015 гг.

Новые данные: значения индекса промыслового запаса краба (шкала 0-100%) распределили на четыре зоны (квартили), для каждой даётся оценочная характеристика состояния запаса – хорошее, удовлетворительное, неопределённое и негативное. На современном этапе индекс запаса $\text{I}\%Z$ камчатского краба имеет высокий уровень – 80% от максимального значения 2018 г. и он взаимосвязан с другими индексами промысловой статистики.

Практическая значимость: динамика индекса промыслового запаса $\text{I}\%Z$ камчатского краба, являясь оперативным индикатором, визуально демонстрирует его существенную вариабельность в изучаемом историческом периоде. В настоящий период индекс $\text{I}\%Z$ свидетельствует о том, что сейчас в северо-западной части Охотского моря промысловый запас камчатского краба находится на стабильно высоком уровне.

Ключевые слова: краб камчатский *Paralithodes camtschaticus*, промысловый запас, относительные индексы вылова за 1995-2023 гг., северо-западная часть Охотского моря.

Retrospective dynamics of the red king crab stock status index in the northwestern part of the Sea of Okhotsk

Sergey I. Moiseev¹, Denis O. Sologub¹, Alexander V. Kharitonov², Igor S. Chernienko³, Alexey D. Aboev⁴

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

² Khabarovsk branch of VNIRO («KhabarovskNIRO»), 13a, Amursky boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia

³ Pacific branch of VNIRO («TINRO»), 4, per. Shevchenko, Vladivostok, 690091, Russia

⁴ Magadan branch of VNIRO («MagadanNIRO»), 36/10, Portovaya st., Magadan, 685000, Russia

The purpose of the work. To establish the relative index of the commercial stock ($\text{I}\%Z$) of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* and to qualitatively assess the dynamics of the stock status in the northwestern part of the Sea of Okhotsk for 1995-2023.

Material and methods. The annual estimates of the commercial stock of *P. camtschaticus* crab, obtained from direct accounting data, were converted into relative stock indices ($\text{I}\%Z$) expressed as a percentage of the year with the maximum stock estimate in retrospect. Using a similar method of uniform scaling, relative indexes were set for: the total crab catch, the average daily catch of the vessel, the number of days spent on the total catch, and other parameters of fishing statistics.

Results. In the period 1995-2023, all relative indices of fishing statistics had fluctuations in values from 7-10 to 90-100% with varying inertia over time. The maximum values of the indices were: the index of commercial stocks ($\text{I}\%Z$) in 2018; the index of average daily catch for the year ($\text{I}\%\text{dV}$) in 2023; the index of annual total

catch (%V) and other commercial statistical indices in 2003. The minimum values of the indices were recorded in 2003-2004 and 2012-2015.

New data. The values of the crab fishing stock index (scale 0-100%) were divided into four zones (quartiles), each is given an estimated characteristic of the stock condition – good, satisfactory, uncertain and depressive. At the present stage, the red king crab stock index %Z has a high level – 80% of the maximum value in 2018 and it is interconnected with other indices of fishing statistics.

Practical significance. The dynamics of the %Z red king crab fishing stock index, being an operational indicator, visually demonstrates its significant variability in the studied historical period. At the present time, the %Z index indicates that now in the northwestern part of the Sea of Okhotsk, the commercial stock of the red king crab is in a stable condition.

Keywords: red king crab *Paralithodes camtschaticus*, commercial stock, relative catch indices for 1995-2023, northwestern part of the Sea of Okhotsk.

ВВЕДЕНИЕ

Северо-западную часть Охотского моря населяет аяно-шантарская популяция камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) [Родин, Мясоедов, 1982; Родин, 1985]. Регулярная эксплуатация этой популяции существует с середины-конца 1980-х годов, а начиная с 2000-х годов, промысел становится высокointенсивным [Черниенко, 2010; 2011; 2013].

В Северо-Охотоморской подзоне акватория Аяно-Шантарского района выделяется своими особенностями распределения функциональных групп камчатского краба и концентрацией промысловых скоплений [Родин, Мясоедов, 1982; Родин, 1985; Черниенко, 2010; 2013]. В отношении камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, в отличие от других северо-тихоокеанских популяций крабоидов, с 90-х годов 20-го века не устанавливалось временного запрета промысла. Промышенный вылов краба камчатского аяно-шантарской популяции ежегодно начинается после полного схода ледового покрова с конца мая – середины июня. Уже к концу июля промыслом осваивается до 95% от объёмов общего допустимого улова (ОДУ).

В России освоение водных биологических ресурсов (ВБР) имеет единый предосторожный подход [Бабаян, 2000], включая оценку запасов различных видов крабов и крабоидов и их изъятие [Алексеев и др., 2017; Буяновский и др., 2023]. Сегодня большинство современных модельных подходов в оценках запаса промысловых популяций строятся в программной среде «R» или комбинируется с «S-Plus» и/или другими подобными математическими инструментами [Шипунов и др., 2012]. В морях России, при установлении объёма ОДУ для различных единиц запаса камчатского краба, применяют разнообразные виды математического моделирования, которые описаны в многочисленных отечественных работах [Михеев, 2003; 2004; Михеев и др., 2012; Буяновский, 2012;

2020; Ильин, Иванов, 2015; Черниенко, 2016; Буяновский, Алексеев, 2017; Бабаян и др., 2018; Черниенко, Черниенко, 2019; Баканёв, 2022].

Наряду с методами математического моделирования, которые имеют достаточно хорошую надёжность оценок, но зачастую предъявляют высокие требования к исходным данным, применяются индикаторные методы. Широко известен трёхзональный метод «светофора» [Halliday et al., 2001; Буяновский, 2020; Буяновский и др., 2023], также имеется сходный подход – четырёхзональная характеристика состояния запаса с установлением зоны относительного индекса численности (биомассы). В обоих подходах дополнительными характеристиками оценок промыслового запаса служат параметры промысловой статистики. Второй подход визуализирует значения нескольких ретроспективных индексов/индикаторов, выполненных в едином масштабе. Интерпретация четырёхзонального индикаторного подхода успешно применена для оценки запасов синего краба *Paralithodes platypus* (Brandt, 1850) в Охотском и Беринговом морях [Моисеев и др., 2021; 2022].

Индекс (он же индикатор) относительной промысловой численности и биомассы запаса (%N или %Z) базируется на данных прямого учёта крабов, собранных во время траловых и ловушечных съёмок, и/или при научном наблюдении (мониторинг) на полигонах (участках) промысла. Относительные индексы разнообразных параметров промысловой статистики прямо или косвенно могут отражать процессы, происходящие с состоянием запаса, и качественно характеризовать как минимум динамику тренда промыслового запаса. К таким параметрам относятся промысловое изъятие/вылов краба за год, среднесуточный вылов краба за год на одно промысловое судно, плотность распределения крабов в районе исследований или промысла, общее количество суток, затраченных за год промысловыми судами на освоение объёмов ОДУ, и другие показатели. Применение относительных ин-

дексов можно визуализировать единым блоком, это позволяет достаточно быстро представить динамику промыслового запаса в ретроспективе и оценить текущее состояние запаса с возможным его трендом на перспективу в 1-2 года.

Ввиду того, что аяно-шантарская популяция населяет большое пространство прибрежных вод северо-западной части Охотского моря от залива Александры и до 147-150° в. д. на севере (рис. 1), то не всегда удаётся выполнить полномасштабные рыбохозяйственные исследования в границах ареала этой популяции. В связи с этим возрастаёт роль различных промыслово-статистических параметров как индикаторов, отражающих состояние промысловой части эксплуатируемой популяции и одновременно служащих дополнительными факторами к существующим ретроспективным результатам прямого учёта камчатского краба с 1995 по 2023 гг.

Цель работы. На основе анализа данных о величине промыслового запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба и данных промысловой статистики за 1995-2023 гг. оценить потенциал четырёхзонального подхода к относительному индексу промыслового запаса ($\%Z$) в качестве индикатора, характеризующего текущее и ожидаемое состояние рассматриваемой единицы запаса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В северо-западной части Охотского моря рыбохозяйственные исследования аяно-шантарской популяции камчатского краба с конца прошлого века проводятся регулярно. Наиболее полно промыслово-статистический материал собран во время учётных

ловушечных научных съёмок и мониторинга промысла камчатского краба с 1995 по 2023 гг. (рис. 1 А). В последние годы освоение объёма ОДУ камчатского краба происходит на двух небольших по площади участках с плотными промысловыми скоплениями. Первый участок расположен от района пос. Аян до мыса Борисова или м. Укой, а второй – на акватории возле острова Большой Шантар (рис. 1 Б). Поэтому, данные, собранные во время мониторинга промысла камчатского краба в этом районе, несут важную промыслово-статистическую информацию для оценки текущего состояния промысловой части аяно-шантарской популяции этого вида.

Сбор и обработка биологических и промыслово-статистических данных за 1995-2023 гг. выполнены по общепринятым методам рыбохозяйственных исследований [Родин и др., 1979; Левин, 2001; Лысенко, 2001; Михайлов и др., 2003; Моисеев, 2003; Соколов, 2003; Бизиков и др., 2006; Моисеев и др., 2021; 2022]. Материалы, собранные авторами во время морских экспедиций и из открытой печати, составляют ретроспективную базу данных по биомассе запаса камчатского краба. Эта база была дополнена значениями шести промыслово-статистических параметров из ежедневных суточных судовых донесений (ССД) отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства с использованием программного обеспечения ФГБНУ «ВНИРО» – «Мониторинг 2012 (ВНИРО)». В отдельные годы – 2003-2004 и 2013-2014 гг. указывается по две оценки запаса, где первое значение дано только для Аяно-Шантарского района исследований, а второе значение дано для всей Северо-Охотоморской подзоны, оно экспертное и сделано по аналогии распре-



Рис. 1. Схема района сбора данных и плотность распределения камчатского краба в северо-западной части Охотского моря (А – ловушечная съёмка 2018 г.; Б – расположение судов на участках промысла I и II)

Fig. 1. Diagram of the data collection area and distribution density of the red king crab in the northwestern part of the Sea of Okhotsk (A – trap surveys in 2018; B – the location of vessels in fishing areas I and II)

деления краба в Аяно-Шантарском районе (табл. 1). Следует отметить, что данные по оценке запаса за 2002-2006 гг. представлены с учётом корректировки площади облова ловушки с 1608-1513 м² на унифицированную площадь 3300 м².

С 1995 по 2018 и в 2020 гг. оценку запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции выполня-

ли по данным прямого учёта с применением метода сплайн-аппроксимации в программе «ГИС КартМастер» [Бизиков и др., 2006]. Для 2019 и 2021-2022 гг. оценку запаса (численности) находили как среднюю величину по двум смежным или по двум предыдущим годам. В 2023 г. промысловую биомассу оценили, исходя из численности крабов по данным научных на-

Таблица 1. Ретроспективная динамика основных промысловых показателей камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне в 1995-2023 гг.

Table 1. Retrospective dynamics of the main fishing and statistical indicators of the red king crab in the North Okhotsk subzone in 1995-2023

Год	Запас	ОДУ	Вылов	Средне-суточный вылов	Количество промысловых суток	Число пром. судов	Площадь промысла	Интенсивность удельного изъятия с пром. площади
	тыс. т	т	т	т	судо-сутки	N	тыс. км ²	кг/км ²
1995*	8	500	499,9	—	—	—	—	—
1996*	8	500	350,6	—	—	—	—	—
1997	19,0	450	411,0	—	—	—	—	—
1998	19,0	600	325,3	—	—	—	—	—
1999	19,7	1970	419,3	—	—	—	—	—
2000	14,68	2000	207,0	—	—	—	—	—
2001	14,16	1800	1367,3	—	—	—	—	—
2002	6,22	2640	2535,9	—	—	—	—	—
2003*	1,94 / 5,77	3179	2777,5	1,45	1916	35	40,5	68,6
2004*	3,99 / 5,77	1280	477,8	1,999	239	15	20,5	23,3
2005	9,45	740	675,5	0,903	598	19	23,6	23,3
2006	10,96	948	824,4	0,873	919	20	38,4	19,5
2007	10,41	1600	1424,6	1,208	921	23	34,3	36,0
2008	9,31	2078	1306,8	0,82	1257	32	26,7	39,8
2009	8,53	2110	1822,8	1,283	1245	26	31,2	52,3
2010	7,36	1633	1469,2	1,123	1052	23	26,5	52,0
2011	5,77	1205	1182,8	1,213	969	19	33,4	33,7
2012	3,42	1050	1014,4	1,178	842	21	22,5	42,3
2013*	1,58 / 3,26	1050	1035,4	1,286	571	20	20,2	47,6
2014*	2,68 / 3,35	1091	1076,9	1,286	561	17	19,5	53,8
2015	5,54	410	373,7	2,252	137	6	12,9	29,0
2016	8,71	553	503,9	2,199	197	10	12,5	40,3
2017	11,17	590	566,0	2,205	234	10	15,7	36,1
2018	21,20	590	569,3	2,372	201	16	10,4	54,7
2019	18,86	767	712,9	2,964	211	19	12,1	58,9
2020	16,51	767	680,9	2,877	217	23	11,0	61,9
2021	17,68	767	701,3	4,335	155	17	10,8	64,9
2022	17,10	890	797,2	4,364	184	22	9,9	80,5
2023	16,7	890	837,1	4,53	191	18	8,6	97,3

Примечание. * – год, когда данные прямого учета получены только для Аяно-Шантарского района

блюдателей на промысле в Аяно-Шантарском районе. На площади 2,56-2,96 тыс. км² численность промысловых самцов составляла 4,3-4,534 млн экз., а их средний размер был 148,3 мм [Моисеев, Моисеева, 2024]. В этом случае, при среднем весе промыслового самца 1,64 кг, биомасса краба только в районе научного мониторинга была до 7,1-7,44 тыс. т. Кроме этого, необходимо учесть, что по данным ССД ОСМ Росрыболовства, основной район добычи крабов в 2023 г. проходил на площади 5,5 тыс. км² возле о. Большой Шантар, а с учётом вылова краба за его пределами (участок II, см. рис. 1 Б), общая площадь составляла до 8,6 тыс. км². Одиночные выбросы данных о локации судов за изобатами 100-150 м не учитывались, т. к. суда в это время были на переходах с промысла (подобный подход применён для установления промысловой площади – площади, на которой располагались ежегодно краболовные суда с 2003 по 2023 гг.). Поэтому, только в районе работы краболовных судов в 2023 г., промысловый запас камчатского краба был не менее 16,7 тыс. т. Необходимо учитывать, что по данным учётных съёмок 2018 и 2020 гг. 93-97% промыслового запаса краба приходилось на Аяно-Шантарский район в пределах 54-57° с. ш. (см. рис. 1 А).

В настоящей работе используются относительные индексы (индикаторы) как оценочные показатели, характеризующие состояние промысловой единицы запаса на определённом историческом отрезке. Для каждого конкретного промыслово-статистического параметра устанавливали индекс, выраженный в процентах (%) к его максимальному значению, наблюдавшемуся за изучаемый исторический период. Для аяно-шантарской популяции камчатского краба предлагается рассмотреть семь параметров (см. табл. 1) и преобразовать их в относительные промысловостатистические индексы. Алгоритм расчёта относительных индексов ранее был применён для оценки состояния двух единиц запаса синего краба – в заливе Шелихова (Охотское море) и в западной части Берингова моря [Моисеев и др., 2021; 2022]. Относительные индексы (индикаторы) рассчитываются по единому формату уравнения (1):

$$IPar\% = (a / Prmax) \times 100\%, \quad (1)$$

где: a – значение одного из приведённых ниже семи параметров, полученное в определённый год (см. табл. 1); $Prmax$ – максимальное значение одного из семи параметров, наблюдавшееся в ретроспективе 1995-2023 гг.

Исходя из продолжительности сбора данных, значения семи параметров можно разделить на две

группы, а значения параметров переформатировать по уравнению (1) в относительные индексы.

Первая группа это два параметра с наибольшим периодом наблюдений 1995-2023 гг.:

1) промысловый запас, он модифицирован в индекс оценённого промыслового запаса на конкретный год ($IPr\%$);

2) общий официальный годовой вылов, он трансформирован в индекс общего годового вылова ($IV\%$).

Для объёмов ОДУ индекс не устанавливали, т. к. официальное освоение объёмов ОДУ за изучаемый период обычно было 70-90% и более (см. табл. 1).

Вторая группа – данные по пяти параметрам за 2003-2023 гг.:

1) средний суточный вылов за промысловый сезон или суточный вылов за календарный год на одно добывающее судно, он модифицирован в индекс среднесуточного вылова за год ($ISu\%$);

2) количество судо-суток (суток на лову/промысле) за год или суток, затраченных промысловыми судами на освоение годового объёма ОДУ, оно преобразовано в индекс промысловых судо-суток за год ($ISD\%$);

3) количество промысловых судов, осуществлявших специализированный лов единицы запаса (взяты из ССД), оно преобразовано в индекс количества промысловых судов за год ($IK\%$);

4) общая промысловая площадь, занятая краболовными судами в промысловый период (ежегодная локация судов взята из ССД и строилась в ГИС Карт-Мастер, точки с локацией на глубинах более 125-150 м не учитывали, т. к. глубже 100-125 м промысл отсутствовал), она модифицирована в индекс общей промысловой площади ($IS\%$);

5) интенсивность изъятия краба с промысловой акватории (площади) на которой проводился промышленный лов краба в конкретный год, устанавливали как общий ежегодный вылов краба, поделённый на общую площадь, занимаемую краболовными судами за этот же год, выраженного в кг/км², она преобразована в индекс средней плотности изъятия крабов с единицы площади ($IP\%$) или индекс удельного изъятия краба с площади промысла.

Первоначально для каждого из семи параметров был установлен год с максимальным значением параметра в абсолютных величинах за весь ретроспективный период наблюдения с 1995 по 2023 гг. (см. табл. 1).

2003 г. В этот год с максимальными значениями было четыре параметра. Это:

1) официальный вылов краба за год – 2,8 тыс. т (из-за отсутствия достоверных данных искажение отчётной информации и ННН-промысел не учитывали);

2) общее количество судо-суток, затраченных на годовое освоение ОДУ, – 1916 суток;

3) общее число краболовных судов, ведущих промысел краба, – 35;

4) общая промысловая площадь, на которой работали краболовные суда, – около 40,5 тыс. км².

2018 г. В этот год наблюдалась максимальная промысловая биомасса камчатского краба – 21,2 тыс. т.

2023 г. В этом году с наибольшими величинами были два параметра.

Это:

1) среднесуточный вылов краболовных судов за год – 4,53 т/сутки;

2) интенсивность изъятия краба с единицы промысловой площади или удельная плотность изъятия до 97,3 кг/км².

Таким образом, оценка промыслового запаса и значения шести промыслово-статистических параметров по камчатскому крабу за 1995-2023 гг., взятые из ССД, были переформатированы по уравнению (1) в относительные индексы или индикаторы, а далее все значения индикаторов были графически визуализированы и анализировались в едином масштабе (в %). Поэтому, состояние промыслового запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции в ретроспективе предлагается оценивать по значению индекса промыслового запаса ($I\%Z$) и его соответствуанию одной из четырёх зон [Моисеев и др., 2021; 2022]. Диапазон значений индексов от >0 до 100% будет поделён на 4 равные части (зоны) с интервалом по 25%, что соответствует одному квартилю. Однократное и/или продолжительное присутствие индекса запаса ($I\%Z$) в одной из зон квартильного подхода позволяет дать ему качественную характеристику [Моисеев и др., 2021; 2022]. Для каждой зоны квартильного подхода устанавливается следующая краткая оценочная характеристика:

Q1 – зона со значениями индекса промыслового запаса ($I\%Z$) более >75%, здесь максимальное исторически зафиксированное значение составляет 100%, в этой зоне состояние запаса характеризуется как **хорошее** и/или очень хорошее;

Q2 – зона со значениями индекса промыслового запаса ($I\%Z$) от более >50 до ≤75%, в этой зоне состояние запаса **удовлетворительное** и/или стабильно удовлетворительное;

Q3 – зона со значениями индекса промыслового запаса ($I\%Z$) от >25 до ≤50%, в этой зоне состояние запаса **неопределенное**, здесь условно можно выделить значения индекса промыслового запаса $I\%Z$ в пределах от 26 до 30-35%, когда состояние запаса оценивается как **неудовлетворительное** и **напряжённое** (состояние запаса может развиваться в сторону роста или обрушиться в негативную зону);

Q4 – зона со значениями индекса промыслового запаса ($I\%Z$) ≤25%, здесь состояние запаса **негативное**, эту зону можно подразделить на два диапазона: а) при значениях 25-15% состояние оценивается как **крайне неудовлетворительное**, б) при значениях <15-10% состояние запаса **негативное** (присутствие промыслового запаса в этой зоне в течение несколько лет можно оценивать как депрессивное).

В результате зонирования не только значения промыслового запаса, но и любой другой относительный индекс в ретроспективе ежегодно попадает в один из четырёх квартилей от Q_1 (наивысший) до Q_4 (самый низкий). Система квартилей позволяет визуализировать динамику индексов и относительно объективно и качественно оценить уровень промыслового запаса на различном по продолжительности историческом отрезке. Так если индекс запаса $I\%Z$ на определённом историческом отрезке (от 2-3 лет) увеличивался, например, внутри второй зоны Q_2 и переходил в зону Q_1 , то индекс $I\%Z$ соответствовал переходному состоянию Q_2-Q_1 , а запас соответственно характеризуется как **растущий**. Если происходил обратный сценарий, когда индекс запаса за определённый ретроспективный период снижался в первой зоне Q_1 и переходил в зону Q_2 , то индекс $I\%Z$ соответствовал переходному состоянию Q_1-Q_2 , а запас соответственно характеризуется как **снижающийся**. Подобная ретроспективная динамика индекса промыслового запаса происходит и между другими зонами с характеристиками запаса, как снижение или как рост. Любое изменение между значениями индекса запаса более 20-30% через 1-2 года учитывается как критическое падение индекса $I\%Z$, а подобный рост характеризуется как быстрый рост.

В виду того, что значения относительных индексов будут установлены в едином масштабе (%), то их ежегодное значение будет соответствовать одной из четырёх зон (Q_1-Q_4). Поэтому, оценку промыслового запаса и его взаимосвязь с промыслово-статистическими индексами можно определять как ежегодный совокупный или интегральный индекс ($I\%intg$) в трактовке данной А.И. Буяновским с авторами [2023]. Оценка интегрального индекса рассчитывается как среднее арифметическое значений относительных индексов в год наблюдений. Значение совокупного индекса ($I\%intg$) обозначается в процентах и соответствует одному из квартилей Q_1-Q_4 с соответствующей для него характеристикой.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Применив к различным единицам параметров промысловой статистики принцип единого масштабирования, был сформирован блок из семи относительных индексов ($I\%Z$, $I\%V$, $I\%dV$, $I\%D$, $I\%K$, $I\%S$, $I\%P$). Это позволяет строить ретроспективную динамику в едином графическом формате, но из-за перегруженности рисунка его восприятие будет затруднено, а интерпретация анализа визуализированной информации излишне сложной. Поэтому, исходя из практики формирования относительных индексов, полученных для двух промысловых популяций синего краба [Моисеев и др., 2021; 2022], относительные индексы параметров по камчатскому крабу были распределены на группы. Одна группа из двух индексов визуализирована за весь период наблюдений с 1995 по 2023 гг., а другие пять индексов были поделены ещё на две группы и визуализированы с 2003 по 2023 гг.

В первой группе индикаторов 1-й индекс промыслового запаса $I\%Z$, получен по данным прямого учёта, а от величины запаса устанавливается объём ОДУ, который, в свою очередь, взаимосвязан со 2-м индексом – индексом общего вылова за год $I\%V$.

Во вторую группу вошли 3-й, 4-й и 5-й индексы из промысловой статистики ССД, это: среднесуточный вылов краболовных судов за год ($I\%dV$); общее количество промысловых судо-суток за год ($I\%D$) и количество промысловых судов ($I\%K$), добывающих краба за год.

В третью группу индексов вошли данные ССД по расстановке судов, ведущих промысел. Это 6-й индекс общей промысловой площади ($I\%S$), где шёл вылов краба судами в течение года и взаимосвязанный с этим индексом 7-й индекс среднегодовой плотности изъятия крабов с единицы площади ($I\%P$) или удельное изъятие краба с определённой площади в год (кг/км²).

В целом, ретроспективная динамика промыслово-статистических индексов относительности прямо или косвенно будет характеризовать и/или влиять на величину промыслового запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба.

Первая группа индексов ($I\%Z$, $I\%V$) – динамика в период 1995-2023 гг.

Индекс оценённого запаса на год ($I\%Z$). Максимальная оценка промыслового запаса была в 2018 г. 21,2 тыс. т (см. табл. 1) и это 100%-я величина индекса запаса ($I\%Z$) за весь изучаемый период. Динамика индекса запаса ($I\%Z$) в ретроспективе показывает, что значение индекса ($I\%Z$) в 1997-1999 гг. было чуть

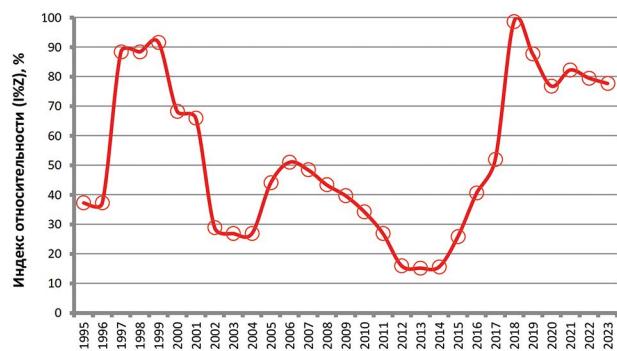
ниже максимального – около 90%. Следует отметить, что в 1995-1996 гг. (рис. 2 А) оценка запаса камчатского краба была заниженной, т. к. она дана только для района промысловых скоплений.

В периоды наименьших значений запаса в 2003-2004 и 2013-2014 гг. (см. табл. 1), относительные индексы запаса были построены на экспертных оценках («Материал и методы»), рассчитанных для всего района распространения изучаемой популяции. В Аяно-Шантарском районе промысловая биомасса в эти четыре года была исторически минимальной и составляла 1,94; 3,99 и 1,58; 2,68 тыс. т. Поэтому, в 2003-2004 и 2013-2014 гг. минимальные значения индекса промыслового запаса ($I\%Z$) могли быть значительно ниже (соответственно годам – 9,0; 18,6% и 7,3; 12,5%), чем значения индекса $I\%Z$ на рис. 2 А.

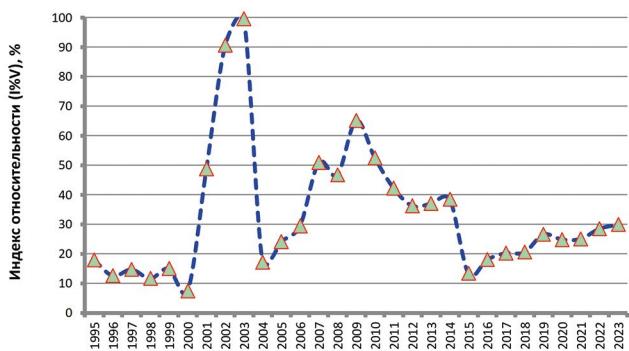
Значительная часть запаса (до 70-95%) камчатского краба сосредоточена в Аяно-Шантарском районе (см. рис. 1). С 2021 г. в Северо-Охотоморской подзоне учётных съёмок не было. Но современные данные мониторинговых исследований за 2022-2023 гг. свидетельствуют о том, что индекс запаса $I\%Z$ камчатского краба находится на хорошем уровне (около 80%) и лишь на 1/5 меньше максимального исторического значения. Оценка запаса на 2023 г. установлена только для акватории Шантарских о-вов, на которой работали промысловые суда в этот год (см. рис. 1 Б; табл. 1).

Индекс вылова за год или ежегодного вылова ($I\%V$). За рассматриваемый период максимальный вылов камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне был в 2003 г. – 2,78 тыс. т (это 100%-я величина индекса официального вылова за год $I\%V$, без учёта искажений в ССД имевших место до 2014 г.). Существенный вылов камчатского краба был и в 2002 г., индекс $I\%V$ составил около 90%. В ретроспективной динамике индекса вылова $I\%V$ наблюдаются три периода с минимальными значениями <20% – 1995-2000 гг. (исторический минимум вылова 7,4% был в 2000 г.), 2004-2005 гг. и 2015-2017 гг. (рис. 2 Б). После резкого роста вылова камчатского краба в 2001-2003 гг. наблюдался более крутой спад вылова в 2004-2005 гг.

Очередной существенный рост изъятия краба зарегистрирован с 2006 г. Так с 2007 по 2014 гг. значение индекса $I\%V$ было в пределах от 50-60 до 40%. Резкое снижение индекса вылова $I\%V$ до минимального уровня 13% было в 2015 г. В дальнейшем с 2016 г. наблюдался постепенный рост вылова. В текущий период значения индекса вылова $I\%V$ близки к 30%, но, по-видимому, сложившаяся стабильность индекса вылова ($I\%V$) имеет потенциал роста его зна-



А



Б

Рис. 2. Ретроспективная динамика индексов промыслового запаса ($\text{I}\%\text{Z}$) и вылова ($\text{I}\%\text{V}$) камчатского краба аяно-шантарской популяции в северо-западной части Охотского моря с 1995 по 2023 гг. (максимальная оценка промыслового запаса 21,2 тыс. т или 100% была в 2018 г., максимальный вылов был в 2003 г. – 2,8 тыс. т или 100%)

Fig. 2. Retrospective dynamics of the indices of the commercial stock ($\text{I}\%\text{Z}$) and catch ($\text{I}\%\text{V}$) of the red king crab of the Ayan-Shantar population in the northwestern part of the Sea of Okhotsk from 1995 to 2023 (the maximum estimate of the commercial stock of 21.2 thousand tons or 100% was in 2018 G. – 2.8 thousand tons or 100%)

чений до 40-45% (в абсолютных единицах вылова до 1000-1250 т в год).

В целом, ретроспективная динамика индексов $\text{I}\%\text{Z}$ и $\text{I}\%\text{V}$ указывает на то, что они формируются в противофазе друг к другу – при увеличении индекса изъятия $\text{I}\%\text{V}$ более 50% от его максимального значения, через 4-5 лет наблюдается существенная убыль промыслового запаса $\text{I}\%\text{Z}$. Например, в 2001-2003 гг. индекс вылова $\text{I}\%\text{V}$ был 50-100% (1,4-2,8 тыс. т), а индекс запаса $\text{I}\%\text{Z}$ в последующие два года (2002-2004 гг.) сместился в нижнюю часть значений индекса $\text{I}\%\text{Z}$. Подобная взаимосвязь между индексами отмечена и в 2009-2014 гг., после высоких индексов вылова в 2007-2010 гг., уменьшение индекса вылова до 40% в 2011-2014 гг., стремительного падения индекса запаса не остановило. В период с 2016 по 2023 гг. были низкие объемы вылова, значение индекса $\text{I}\%\text{V}$ было минимальным от 10-20 до 30%, а значение индекса промыслового запаса ($\text{I}\%\text{Z}$) имело тренд роста, смещаясь в сторону максимальных величин.

Вторая группа индексов ($\text{I}\%\text{dV}$, $\text{I}\%\text{D}$, $\text{I}\%\text{K}$) – динамика в период 2003-2023 гг.

Относительные индексы – общего количества судо-суток за год ($\text{I}\%\text{D}$) и количества краболовных судов ($\text{I}\%\text{K}$), работавших на промысле за этот же год, взаимосвязаны с индексом ежегодного среднесуточного вылова ($\text{I}\%\text{dV}$), поэтому их допустимо анализировать совместно – единым визуальным кластером за весь период наблюдений 2003-2023 гг.

Индекс среднесуточного вылова за год ($\text{I}\%\text{dV}$). В период 2003-2023 гг. максимальный среднесуточный вылов за год был в 2023 г. – 4,525 т в сутки (100%

величина индекса среднесуточного официального вылова в год – $\text{I}\%\text{dV}$).

В начале ретроспективного периода (2003-2004 гг.) индекс $\text{I}\%\text{dV}$ был от 32 до 43%, затем в 2005-2006 гг. произошло почти двукратное снижение индекса до 19-20% (рис. 3). С 2007 г. величина индекса $\text{I}\%\text{dV}$ незначительно варьировалась, в 2014 г. тренд индекса $\text{I}\%\text{dV}$ достиг величины 28%. Индекс среднесуточного вылова $\text{I}\%\text{dV}$ в 2015 г. существенно вырос до 50%. Это значение сохранялось до 2018 г. В 2019-2020 гг. индекс $\text{I}\%\text{dV}$ увеличился до 63-65%. В настоящий период индекс $\text{I}\%\text{dV}$ показывает максимальные значения 95-100% (максимальный среднесуточный годовой вылов 4,53 т в сутки).

Индекс промысловых судо-суток за год ($\text{I}\%\text{D}$) или индекс общего количества суток промысловых судов, затраченных в год на освоение ОДУ (судо-суток на лову). В начале ретроспективного периода (2003 г.) значение индекса количества промысловых судо-суток за год ($\text{I}\%\text{D}$) было максимальным за всю историю наблюдений этого параметра, составляя 100% (краболовные суда 1916 судо-суток были на лову). Но уже в 2004 г. значение индекса $\text{I}\%\text{D}$ резко понизилось до 12% (см. рис. 3). Начиная с 2005 г. индекс $\text{I}\%\text{D}$ начал рост, а в 2008-2009 гг. показал величины 64-65%. Далее индекс количества судо-суток ($\text{I}\%\text{D}$) постепенно опускался до 29% в 2014 г. Возможно, снижение этого индекса было вызвано введением норм минимального суточного вылова крабов для промысловых судов.

В 2015 г. индекс судо-суток $\text{I}\%\text{D}$ существенно уменьшился – на 20 единиц. В этот год было отмечено исторически минимальное значение индекса $\text{I}\%\text{D}$ равное 7% (137 судо-суток). Начиная с 2016 г. и по

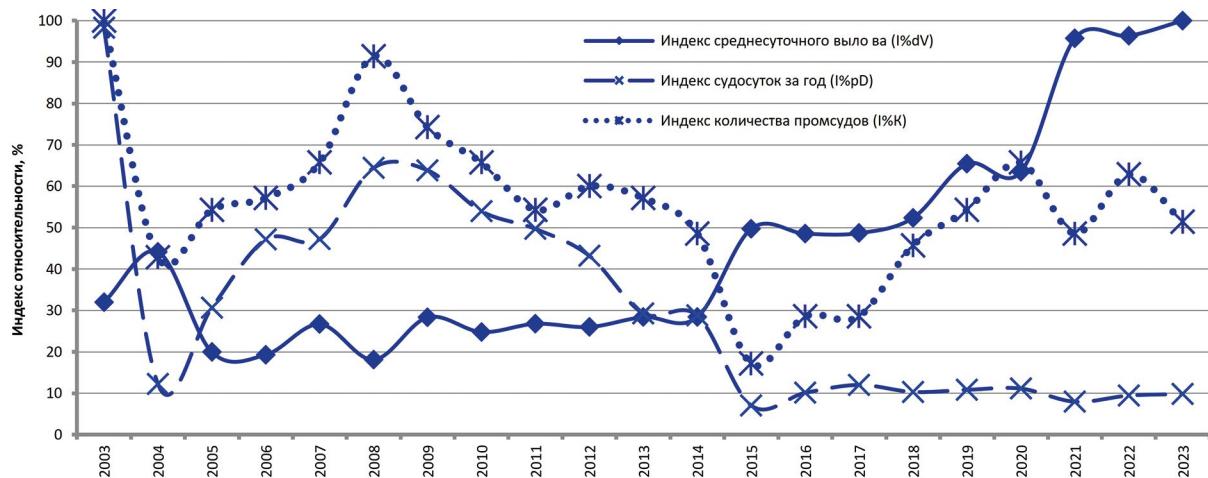


Рис. 3. Ретроспективная динамика относительных индексов: индекс среднесуточного вылова за год ($\%dV$) камчатского краба; индекс промысловых судо-суток за год ($\%D$); индекс количества краболовных судов за год ($\%K$), работавших в Северо-Охотоморской подзоне за 2003-2023 гг. Максимальный среднесуточный вылов за год 4,53 т/сутки (100%) был в 2023 г., максимальное количество судов на промысле за год было 35 (100%) в 2003 г., максимальное количество суток на промысле (судо-суток) за год было 1916 (100%) в 2003 г.

Fig. 3. Retrospective dynamics of relative indices: index of average daily catch per year ($\%dV$) of the red king crab; index of the number of fishing days per year ($\%D$); index of the number of crab vessels per year ($\%K$) operating in the North Okhotsk subzone for 2003-2023. The maximum average daily catch for the year was 4.53 tons/day (100%) in 2023, the maximum number of vessels in the fishery for the year was 35 (100%) in 2003, the maximum number of days in the fishery (ship period) for the year was 1916 day (100%) in 2003

настоящее время сохраняется минимальное количество судо-суток, которые затрачиваются промысловые суда на освоение объемов ОДУ. Индекс $\%D$ сейчас варьирует в пределах 10-12% (менее 200 судо-суток или около этой величины).

Индекс количества промысловых судов ($\%K$). Количество краболовных судов, ведущих промысел краба, иногда рассматривается как самостоятельный параметр в противоположность количеству промысловых судо-суток, затраченных на освоение объемов ОДУ. Относительный индекс количества промысловых судов ($\%K$), осваивающих объемы ОДУ за год, в период с 2003 по 2017 гг. имеет сходство в своей ретроспективной динамике с индексом затраченных судо-суток за год ($\%D$). Но если, в период 2012-2014 гг. тренд индекса судо-суток ($\%D$) снижался, то в это же время индекс количества промысловых судов $\%K$ увеличивался, и уже совсем разнонаправленными были эти индексы в последние 8 лет, когда индекс судо-суток ($\%D$) уменьшился до минимальных исторических значений, а индекс количества судов ($\%K$), хоть и варьировал, но его значения увеличились кратно (см. рис. 3). За период 2003-2023 гг. максимальное число краболовных судов было в 2003 и в 2008 гг. 35 и 32 судна, соответственно (индексы $\%K$ 100% и 91,4%), а в 2016-2023 гг. было 16-23 судна (индексы $\%K$ 45,7 и 65,7%).

В целом, во второй группе индексов, визуализация индексов промысловых судо-суток $\%D$ и количества краболовных судов $\%K$ показывает, что в период 2003-2015 гг. они имели сходно развивающиеся тренды. Начиная с 2016 г. индекс судо-суток $\%D$ находится на стабильно низком уровне около 10%, а индекс количества краболовных судов $\%K$ варьирует на умеренно высоком уровне 45-65%. Индекс среднесуточного вылова за год ($\%dV$) имеет большую взаимосвязь с индексом судо-суток $\%D$ и их ретроспективная динамика находится друг к другу в противофазе, которую условно можно охарактеризовать как фазовый антагонизм (см. рис. 3). Индекс количества промысловых судов оказался менее эффективным для промысловой статистики, чем индекс общего количества судо-суток, затраченных на освоение ОДУ. Поэтому индекс количества судов, ведущих промысел, в дальнейшем нет необходимости подробно рассматривать.

Третья группа индексов ($\%S$, $\%P$) – динамика в период 2003-2023 гг.

В этой группе два промыслово-статистических параметра косвенно характеризующих или влияющих на промысловый запас: это площадь, на которой происходит промышленный лов камчатского краба, и степень нагрузки на промысловую часть популяции, связанную с объемом изъятия краба (кг) с удельной

площади (км^2) на которой происходил промышленный лов краба.

Индекс промысловой площади ($\text{I}\%S$). Максимальная площадь занимаемая промысловыми судами при добывке камчатского краба была в 2003 г. и составляла 40,5 тыс. км^2 (это 100%-я величина индекса промысловой площади за год – $\text{I}\%S$). После резкого снижения промысловой площади в 2004 г. и её роста к 2006 г., наблюдалось сокращение промысловой площади с 94 до 55 %. В период 2003-2015 гг. промысловая площадь, была подвержена значительным колебаниям, но с постоянным трендом понижения к 2015-2016 гг. (рис. 4). В эти годы индекс общей промысловой площади ($\text{I}\%S$) составлял около 31-32 %. В 2017 г. индекс $\text{I}\%S$ незначительно вырос до 38 %, но в дальнейшем имел тренд на снижение, достигнув в 2023 г. минимального значения 21 %.

В последние 3-4 года площадь, занимаемая промысловыми судами, снизилась и составляет теперь от 5,5 до 8-10 тыс. км^2 . Акватория, занимаемая промысловыми судами, располагается между пос. Аян, м. Борисова и Шантарскими о-вами (см. рис. 1). Например, в 2023 г. из 191 суток, затраченных промысловыми судами на вылов 837 т камчатского краба, до 95 % суток суда находились на участке площадью не более 5,5-6,5 тыс. км^2 , хотя общая промысловая площадь за этот год и составила 8,6 тыс. км^2 [Моисеев, Моисеева, 2024]. Данные отраслевой системы мониторинга

Росрыболовства наглядно демонстрируют изменение расстановки краболовных судов на промысле камчатского краба в период 2003-2023 гг. Ретроспективная визуализация изменения площади, ежегодной локации промысловых судов, демонстрирует тенденцию сокращения площади, на которой работает промысловый флот. Наиболее типичная расстановка судов на промысле за 2003-2023 гг. представлена для четырёх лет (рис. 5).

Если до начала-середины прошлого десятилетия локации краболовных судов были практически по всему северо-западному побережью Северо-Охотоморской подзоны, то уже в последние 5-6 лет суда располагаются на небольшом участке с основными концентрациями промысловых скоплений камчатского краба от пос. Аян до Шантарских о-ов. Таким образом, сегодня, в исследуемом районе, краболовные суда сосредотачиваются на легко «доступном запасе», здесь и далее термин применяется в трактовке А.И. Буяновского [2020; Буяновский и др., 2023].

Индекс средней плотности изъятия крабов с единицы площади ($\text{I}\%P$). Характеризует степень интенсивности изъятия краба с единицы площади. За двадцатилетний период (2003-2023 гг.) индекс плотности изъятия ($\text{I}\%P$) в первый год наблюдений имел высокое значение (70 %), но резко снизился уже в 2004 г. (см. рис. 4). С 2004 по 2006 гг. значения индекса $\text{I}\%P$ были исторически минимальными (24-20 %). В течение

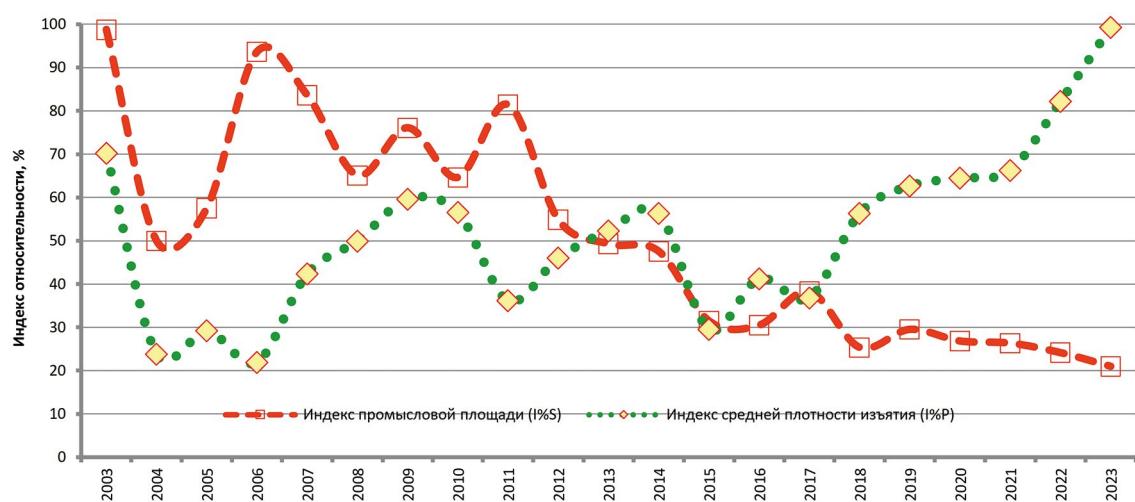


Рис. 4. Ретроспективная динамика индекса общей площади ($\text{I}\%S$), на которой работали промысловые суда за год и индекс средней плотности изъятия краба ($\text{I}\%P$) в год, за 2003-2023 гг. (максимальная площадь, на которой работали краболовные суда, – 40,5 тыс. км^2 или 100% была в 2003 г., максимальная средняя годовая плотность изъятия краба 97,3 кг/ км^2 или 100% была в 2023 г.)

Fig. 4. Retrospective dynamics of the index of the total area ($\text{I}\%S$) on which fishing vessels worked for the year and the index of the average crab withdrawal density ($\text{I}\%P$) per year, for 2003-2023 (the maximum area on which crab vessels worked was 40.5 thousand km^2 or 100% was in 2003, the maximum average annual The crab withdrawal density was 97.3 kg/ km^2 or 100% in 2023)

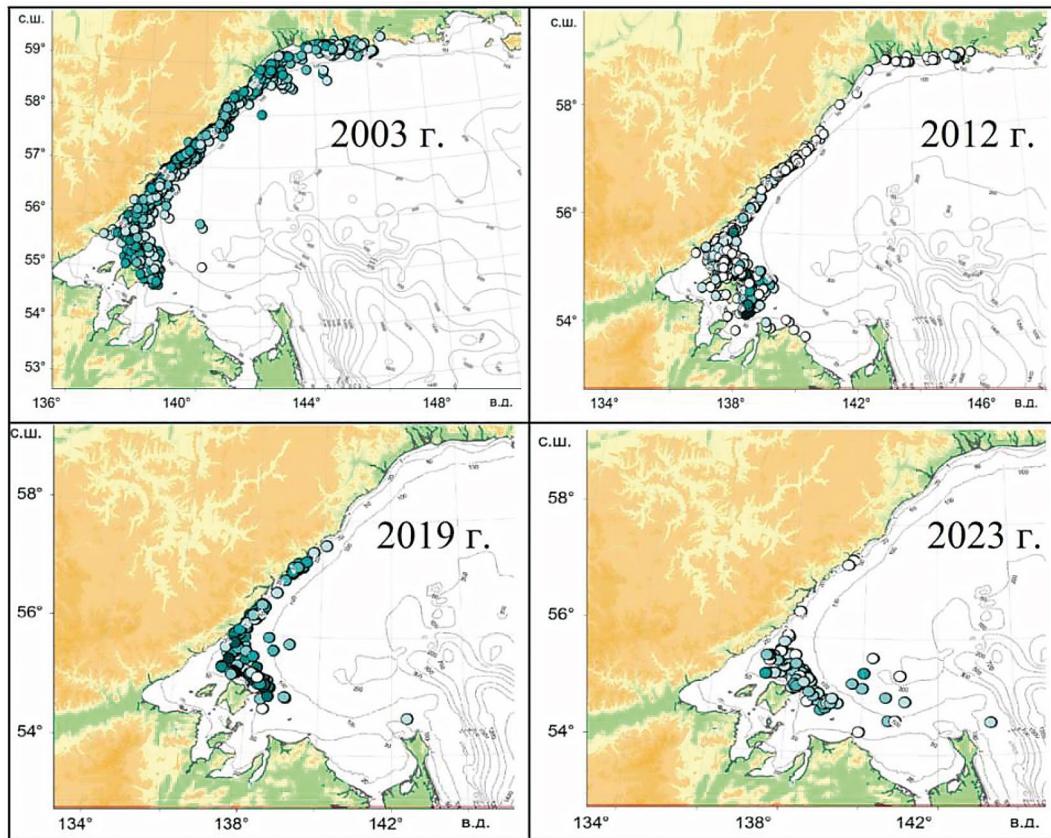


Рис. 5. Расстановка краболовных судов на промысле камчатского краба в северо-западной части Охотского моря в годы с наибольшим колебанием индекса промысловой площади (I\%S) в 2003; 2012; 2019 и 2023 гг.

Fig. 5. The arrangement of crab vessels in the red king crab fishery in the northwestern part of the Sea of Okhotsk in the years with the largest fluctuations in the fishing area index (I\%S) in 2003, 2012, 2019 and 2023

2007-2015 гг. величина индекса изъятия I\%P варьировалась от 36 до 57 %, снизившись в 2015 г. до 30 %. С 2016-2017 гг. наблюдался устойчивый рост значений относительного индекса плотности изъятия I\%P до максимального значения в 2023 г. (100%). Необходимо отметить, что в 2022-2023 гг. индекс плотности изъятия I\%P имеет высокие показатели, т. к. промысел краба проводится в основном на аяно-шантарских промысловых скоплениях с ограниченной площадью от 10 до 5,5-8,6 тыс. km^2 . Начиная с 2015 г., а особенно с 2018 г., отмечается сокращение площадей, на которых работают краболовные суда (индекс I\%S). Сосредоточение судов происходит исключительно на участках с плотными промысловыми скоплениями краба. Такая тактика ведения промысла приводит к высоким значениям изъятия камчатского краба с единицы площади, когда индекс плотности промыслового изъятия (I\%P) достигает максимальных значений.

В целом с 2004 по 2011 гг. (1-й период) и в 2018-2023 гг. (2-й период) индекс промысловой площади (I\%S) и индекс плотности изъятия (I\%P) имели асинхронные значения, за исключением 2010, 2012-

2017 гг., когда значения их индексов были с близкими величинами. При высоких значениях промысловой площади в первом периоде наблюдались минимальные значения удельной плотности изъятия краба с единицы площади, и обратный сценарий наблюдается во втором – современном периоде (см. рис. 4).

Анализ двух индикаторов I\%S и I\%P , связанных с промысловой площадью работы краболовных судов, указывает на то, что в дальнейшем их корреляцию можно будет рассматривать как взаимосвязь с промысловым запасом. Так при снижении промыслового запаса может происходить снижение индекса плотности изъятия с единицы площади (I\%P) и одновременно будет происходить расширение промысловой площади (I\%S) с целью поиска краболовами новых скоплений. Обратный сценарий будет наблюдаться при высоких значениях промыслового запаса, подобная картина наблюдается в текущем периоде с 2017 г. (см. рис. 4).

На современном этапе, из двух рассматриваемых индикаторов (I\%S и I\%P), когда промысел происходит в ограниченном пространстве 5,5-10 тыс. km^2 наи-

более важным индикатором для промысловой статистики становится индекс плотности изъятия $I\%P$ краба с единицы площади. Ввиду того, что промыслом краб постоянно изымается с небольшой площади, то вариабельность этого индекса более корректно количественно отражает текущее положение на интенсивно эксплуатируемом участке. В перспективе, в случае снижения «доступного запаса» $I\%P$ будет иметь обратную взаимосвязь с другим индексом, индексом среднесуточного вылова ($I\%dV$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Ретроспективный анализ оценок промыслового запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба с 1995 до 2018 гг. базировался на результатах ежегодного прямого учёта краба во время выполнения ловушечных съёмок, а с 2019 г. ловушечные съёмы проводятся нерегулярно с интервалами 2-4 года. Возникает необходимость выполнения хотя бы качественной оценки, характеризующей состояние запаса промысловых крабов, такую оценку можно получить при использовании метода «светофора» [Halliday et al., 2001]. В настоящее время, в отсутствии регулярного получения данных прямого учёта индикаторный метод хорошо себя зарекомендовал при анализе доступных источников из промысловой информации по вылову крабов и крабоидов [Буяновский и др., 2023]. Многие методы математического моделирования запаса, как и трёхзональный подход, для оценки состояния запаса применяют специфический математический инструментарий, и только конечные результаты, полученные для различных параметров ретроспективной динамики, визуализируются графически в абсолютных единицах создавая блок из нескольких рисунков. При этом конечная визуализация результатов моделирования, состоящая из каскада рисунков и/или математических уравнений и формул, часто исключает возможность прямого и открытого аудита входных данных и конечных результатов применяемого математического моделирования.

Предложенный в предыдущих разделах метод единого масштабирования различных значений параметров промысловой статистики в относительные индексы/индикаторы, позволяет их группировать на едином графике, независимо от количества рассматриваемых параметров. Подобный подход воспроизводит взаимосвязь и динамику изучаемых параметров промысловой статистики с оценкой состояния запаса на любом рассматриваемом историческом отрезке [Моисеев и др., 2021; 2022]. Потенциал применения метода единого масштабирования данных, полученных во время рыбохозяйственных исследо-

ваний, впервые показал А.Ю. Огурцов [2005] с целью поиска закономерностей пространственного распределения четырёхугольного волосатого краба *Erimacrus isenbeckii* (Brandt, 1848) и образования им промысловых скоплений у побережья Западного Сахалина.

Ретроспективная динамика и взаимосвязь относительных индикаторов.

За период исследований 1995-2023 гг. были выделены три группы относительных индикаторов (см. рис. 2-4). Первая группа отражает прямую взаимосвязь индекса промыслового запаса ($I\%Z$) краба с индексом ежегодного вылова ($I\%V$) или со степенью эксплуатации этого промыслового запаса. Так, при низкой степени изъятия краба, когда индекс вылова $I\%V$ был менее 20-30% от максимального ретроспективного объёма изъятия, равного около 2,8 тыс. т, наблюдался рост индекса промыслового запаса $I\%Z$ до 80-100% (максимальный промысловый запас 21,2 тыс. т). Но если при длительном воздействии на промысловую часть популяции с 2007 по 2014 гг., индекс изъятия $I\%V$ колебался от 40-50 до 60%, то индекс запаса $I\%Z$ имел постоянный тренд на его снижение, а в 2013 г. $I\%Z$ он достиг минимальных исторических значений (см. рис. 2). Следует учитывать то, что до середины прошлого десятилетия регулярно фиксировался ННН-промысел, который при установлении относительных индексов нами не учитывался.

Относительные индексы, входящие во 2-ю и 3-ю группы за период 2003-2023 гг. можно объединить, оставив из них три индекса, более взаимосвязанные с индексом вылова $I\%V$. Это индекс среднесуточного вылова за год ($I\%dV$) и индекс количества промысловых судо-суток за год ($I\%D$) из 2-й группы индексов (см. рис. 3), а также индекс средней плотности изъятия крабов с единицы площади ($I\%P$) из 3-й группы (см. рис. 4). Все эти три индекса ($I\%dV$, $I\%D$, $I\%P$) и индексы промыслового запаса $I\%Z$ и вылова $I\%V$ построены в едином масштабе, что позволяет их объединить и визуализировать на одном историческом отрезке 1995-2023 гг. (рис. 6).

Ретроспектива промыслово-статистических параметров и оценки промыслового запаса, выраженные в относительных индикаторах, наглядно демонстрируют степень их взаимосвязи. Визуализация ретроспективной динамики выше приведённых индексов согласуется с особенностями ведения промысла краболовными судами. Так, ранее было показано, что основной вылов объёмов ОДУ промысловых видов крабов может проходить на небольших по площади полигонах [Михеев и др., 2007] или на ограниченных пространствах с «доступным запасом» [Буяновский, 2012; 2020; Буяновский и др., 2023]. К таким ярко вы-

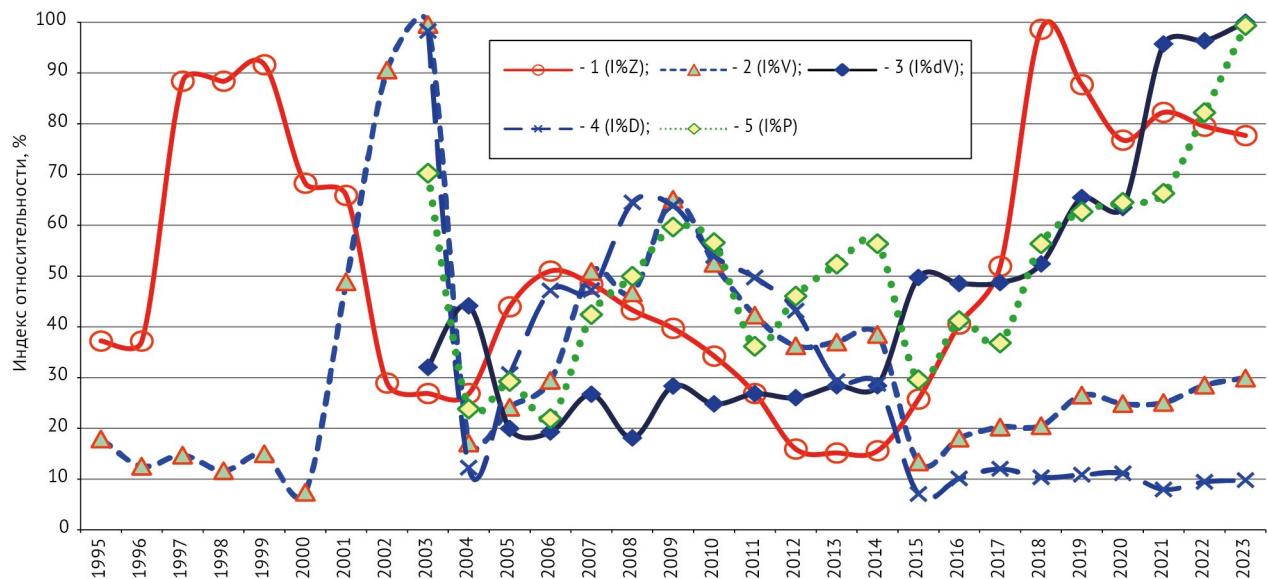


Рис. 6. Ретроспективная динамика промысловово-статистических индексов камчатского краба аяно-шантарской популяции за 1995-2023 гг.

Обозначения: 1 – индекс промыслового запаса ($I\%Z$), где Z – запас (максимальная оценка промыслового запаса 21,2 тыс. т или 100% была в 2018 г.); 2 – индекс общего вылова за год ($I\%V$), где V – вылов (максимальный вылов, без учёта ННН-промысла был в 2003 г. – 2,8 тыс. т или 100%); 3 – индекс ежегодного среднесуточного вылова одного судна ($I\%dV$), где dV – дневной вылов в среднем за год (максимальный среднесуточный вылов за год 4,53 т/сутки или 100% был в 2023 г.); 4 – индекс количества судо-суток на промысле за год ($I\%D$), где D – дней на промысле всех судов за год (максимальное количество судо-суток на промысле за год было 1916 или 100% в 2003 г.); 5 – индекс плотности изъятия краба с единицы промысловой площади ($I\%P$), где P – плотность изъятия краба с единицы площади (максимальная средняя годовая плотность изъятия краба 97,3 кг/км² или 100% была в 2023 г.)

Fig. 6. Retrospective dynamics of commercial and statistical indices of the red king crab of the Ayano-Shantar population for 1995-2023

Designations: 1 – the index of the fishing stock ($I\%Z$), where Z is the stock (the maximum estimate of the fishing stock was 21.2 thousand tons or 100% in 2018); 2 – the index of the total catch for the year ($I\%V$), where V is the catch (the maximum catch, excluding IUU fishing, was in 2003-2.8 thousand tons or 100%); 3 – the index of the average daily catch of one vessel per year ($I\%dV$), where dV is the daily catch on average per year (the maximum average daily catch per year was 4.53 tons/day or 100% in 2023); 4 – the index of the number of fishing days per year ($I\%D$), where D is the days of fishing for all vessels per year (the maximum number of fishing days per year was 1916 or 100% in 2003); 5 – the index of the density of crab withdrawal per unit of fishing area ($I\%P$), where P is the density of crab withdrawal per unit area (the maximum average annual crab withdrawal density of 97.3 kg/km² or 100% was in 2023)

раженным единицам «доступного запаса» относятся два района промысловых скоплений: а) синего краба в заливе Шелихова, где до 60% годового вылова происходит на площади 3-5 тыс. км² [Моисеев, Моисеева, 2019; Моисеев и др., 2021] и б) вылов камчатского краба в Аяно-Шантарском районе, где его изъятие составляет до 90-95% от объёмов ОДУ на площади менее 8-10 тыс. км² [Моисеев, Моисеева, 2024].

Исходя из динамики различных индексов, рассмотренных ранее (см. рис. 2-4; 6), два индекса (общего количества судов $I\%K$ и общей промысловой площади $I\%S$), наиболее зависимы от воздействия на них административно-хозяйствующих причин (человеческий фактор при составлении ежедневной отчётоности, включая искажения сводок ССД). Поэтому, их значения не всегда корректны, и они далее подробно не рассматриваются. Третий индекс – общее количество промысловых судо-суток ($I\%D$), также можно не рас-

матривать, т. к. он и индекс среднесуточного вылова ($I\%dV$) взаимосвязаны между собой и формируют значение ежегодного вылова (индекс $I\%V$). В связи с этим, для дальнейшего рассмотрения остаются два последних индекса (среднесуточного вылова $I\%dV$ и годового вылова $I\%V$). Ретроспективные значения среднесуточного вылова судов и общего ежегодного вылова являются базовыми параметрами в промысловой статистике [Буяновский и др., 2023]. Но ещё одним важным параметром промысловой статистики, характеризующим степень освоения «доступного запаса», оказалась плотность изъятия краба с единицы площади (кг/км²) или индекс удельного изъятия краба ($I\%P$). Так, в 2007-2014 гг. были высокие показатели ежегодного вылова при больших промысловых площадях и при высоких значениях количества судо-суток, затраченных на освоение ОДУ. Но при этом наблюдались высокие значения вылова с единицы площади и одновременно отмеча-

лись низкие показатели среднесуточного вылова. Данное обстоятельство указывало на то, что основная доля вылова приходилась на промысловые скопления Аяно-Шантарского участка, а большое количество судо-суток и судов приходилось на акватории с низкой плотностью распределения краба. С 2016 по 2023 гг. наблюдались синхронные тренды индекса среднесуточного вылова ($\%dV$) и индекса плотности изъятия ($\%P$) с достижением их максимальных значений, а индекс ежегодного вылова ($\%V$) в этот период был с минимальными значениями и не превышал 30%.

В целом, визуализация пяти относительных индексов единым кластером позволяет акцентировать их влияние и роль в различные ретроспективные периоды, отличающихся значениями и временным лагом. Особо негативное влияние на промысловый запас камчатского краба аяно-шантарской популяции оказали два коротких периода в 2002-2005 и 2012-2015 гг. с критически высокими значениями промыслово-статистических параметров. В первый период было введено срочное управленческое решение по существенному (3-х кратному) снижению объёмов изъятия с 2004 г., которое способствовало восстановлению промыслового запаса к 2006-2007 гг. до 50% (см. рис. 6). С конца второго периода (с 2015 г.) стали вводиться биологически обоснованные решения в рамках единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России [Алексеев и др., 2017]. В настоящий период объёмы изъятия (ОДУ) камчатского краба аяно-шантарской популяции стабильные, а индекс ежегодного вылова ($\%V$) находится на уровне 25-30% от максимального изъятия в 2003 г. Данное обстоятельство проектируется на стабильность высоких значений промыслового запаса. Сегодня индекс запаса ($\%Z$) остаётся высоким – не менее 75-80% с возможным ростом до 90-95%.

Таким образом, ретроспективные колебания индексов $\%V$ и $\%dV$ можно рассматривать совместно с индексом средней плотности изъятия краба за год ($\%P$), т. к. они могут влиять на состояние промыслового запаса и качественно характеризовать динамику его трендов на любом историческом отрезке с пролонгацией на 1-2 года вперёд. В последующих разделах, динамику состояния промыслового запаса камчатского краба предлагается оценивать по значениям относительного индекса промыслового запаса ($\%Z$), применяя к нему четырёхзональный (квартильный) подход [Моисеев и др., 2021; 2022].

Ретроспективная зональная динамика индекса промыслового запаса

Оценка промыслового запаса с применением квартирильного метода носит качественный ха-

рактер и предполагает введение четырёх зон для шкалы относительного индекса промыслового запаса ($\%Z$), выраженного в процентах в диапазоне $0 < \%Z \leq 100\%$. Подобный подход ранее использовался при оценке состояния промыслового запаса синего краба в Западно-Камчатской подзоне и в Западно-Беринговоморской зоне. Были выработаны среднесрочные прогностические предположения, о благополучии первой единицы запаса в северной части Охотского моря и о неопределённости и снижении запаса второй единицы запаса в западной части Берингова моря [Моисеев и др., 2021; 2022]. В настоящий период прогностические тренды четырёхзонального индикаторного метода оказались состоятельными.

В отличие от процентильного трёхзонального метода «светофора», вошедшего в рыбохозяйственную практику [Halliday et al., 2001; Буяновский и др., 2023], квартирильный подход позволяет на более ранних стадиях развития динамики состояния запаса (ухудшения/снижения или улучшения/увеличения) выявить критические периоды и факторы промысловых индексов, влияющих на формирование тенденций в состоянии запаса. Кроме того, относительные индексы, являясь индикаторами, хорошо встраивают в существующую практику применения трёхзонального правила регулирования промысла методом «светофора» с разделительными границами по значениям 33,3 и 66,7 процентилям (в нашем случае все индексы даны в %). Следует учитывать, что трёх- или четырёхзональные характеристики индекса промыслового запаса ($\%Z$), являются оперативным инструментом в оценке промыслового запаса. Поэтому, в условиях нерегулярного поступления данных прямого учёта крабов, индикаторная оценка промыслового запаса, установленная в относительных единицах, служит ориентировочным индикатором в условиях критического недостатка данных, и может быть своевременной помощью в оперативном принятии управленческого решения в прогностических оценках. Но в дальнейшем, в случае получения уточнённого результата о состоянии запаса, по данным учётных съёмок и/или результатов модельных расчётов, оценка запаса при необходимости может также оперативно корректироваться.

Анализируя ретроспективную динамику шести промыслово-статистических индексов ($\%dV$, $\%D$, $\%K$, $\%S$, $\%P$, $\%V$) было установлено, что наибольшее значение для характеристики оценки состояния запаса ($\%Z$) имеют: индекс среднесуточного вылова за год ($\%dV$), индекс средней плотности изъятия краба с единицы площади ($\%P$) и индекс общего вылова за год ($\%V$ устанавливается без учёта ННН-промыс-

ла). Эти три индекса имеют прямое взаимоотношение с индексом промыслового запаса ($\%Z$) и являются отображением его состояния. В связи с этим, все четыре индекса ниже будут визуализированы единым графическим кластером.

Ретроспективная динамика промыслового запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции в Северо-Охотоморской подзоне хорошо согласуется с динамикой двух основных промысловостатистических параметров из отраслевой системы мониторинга (данные ССД) – ежегодным выловом краба и среднесуточной производительностью (выловом) краболовных судов за год, а также и с новым параметром удельного изъятия краба с единицы площади. Применив зональную визуализацию динамики индекса промыслового запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба ($\%Z$) за 1995–2023 гг. можно выделить шесть неодинаковых по продолжительности периодов (рис. 7) с различным состоянием промыслового запаса.

Период 1995–2000 гг. В этот период состояние запаса можно охарактеризовать как выше удовлетворительного. До начала интенсивного промысла кам-

чатского краба (с 2001 г.) его запас был на очень высоком уровне, индекс запаса ($\%Z$) составлял 89–92% (рис. 7). При этом необходимо учесть, что установление индекса ($\%Z$) в зоне неопределенности в 1995–1996 гг. связано оценкой запаса, выполненной для малой площади исследований. В 1995–2000 гг. индекс годового вылова ($\%V$) был на низком уровне от 18 до 7%, что способствовало стабильно высоким значениям биомассы промыслового запаса, близкого к его максимальному значению за историческое наблюдение.

Период 2001–2003 гг. В этот короткий период на фоне резкого роста индекса вылова ($\%V$), многократно превышающего его значение за предыдущий период, в 2003 г. произошло снижение индекса запаса ($\%Z$) в несколько раз. Индекс $\%Z$ в основном районе работы промысловых судов составил всего 9% и до 27% в целом для Северо-Охотоморской подзоны (см. рис. 7). При этом необходимо отметить, что в 2003 г. учётная съёмка выполнялась на небольшой акватории от бухты Аян до Шантарских о-вов. Поэтому, для остальной акватории обитания камчатского краба расчёт запаса носил экспертный характер. Много-

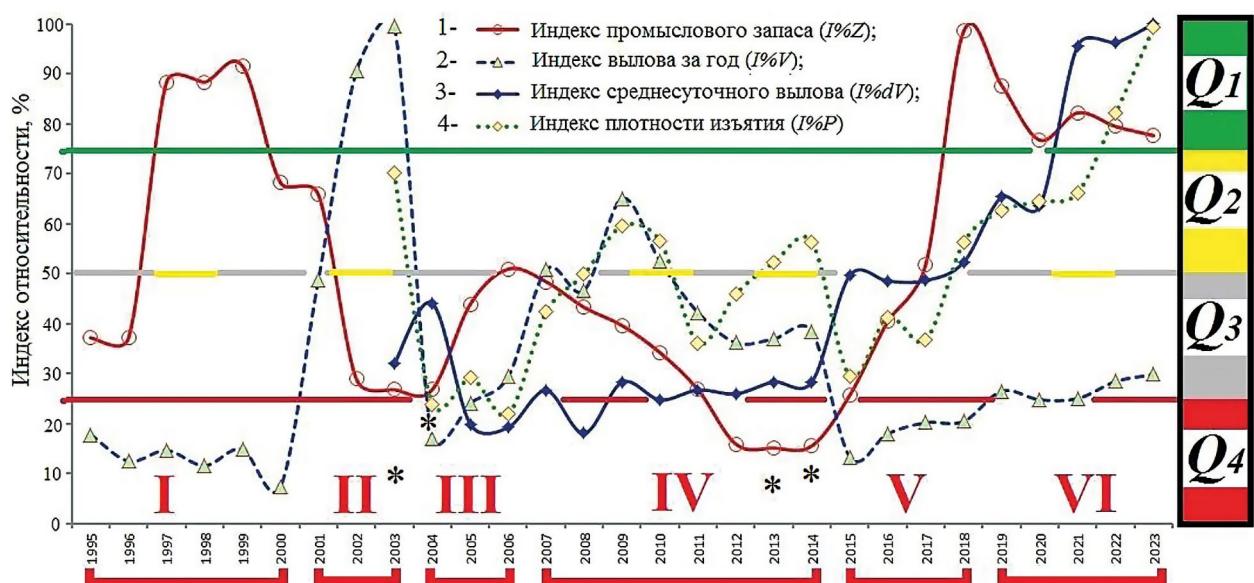


Рис. 7. Четырёхквартильная (зоны Q_1 – Q_4) ретроспективная динамика относительного индекса промыслового запаса камчатского краба в северо-западной части Охотского моря с 1995 по 2023 гг.

Обозначения: 1 – индекс промыслового запаса ($\%Z$); 2 – индекс общего вылова за год ($\%V$); 3 – индекс ежедневного среднесуточного улова судов ($\%dV$); 4 – индекс средней плотности изъятия краба с единицы площади за год ($\%P$). * – в 2003–2004 и 2013–2014 гг. оценка запаса проводилась только в Аяно-Шантарском районе (в эти годы значения на красной линии включают экспертные оценки). I–II–III–IV–V–VI – исторические периоды с различной степенью развития трендов относительных индексов ($\%Z$, $\%V$, $\%dV$ и $\%P$)

Fig. 7. Four-quartile (zones Q_1 – Q_4) retrospective dynamics of the relative index of the commercial stock of the red king crab in the north-western part of the Sea of Okhotsk from 1995 to 2023

Designations: 1 – index of commercial stock ($\%Z$); 2 – index of total catch per year ($\%V$); 3 – index of annual average daily catch of vessels ($\%dV$); 4 – index of average density of crab withdrawal per unit area per year ($\%P$). * – In 2003–2004 and 2013–2014, the reserve assessment was carried out only in the Ayano-Shantarsky district (in these years, the values on the red line include expert estimates). I–II–III–IV–V–VI – historical periods with varying degrees of development of trends in relative indices ($\%Z$, $\%V$, $\%dV$ and $\%P$)

кратный рост вылова (с 0,4 до 2,5-2,8 тыс. т и это без учёта ННН-промысла) тесно связан с неоправданным увеличением вылова. Значение индекса $I\%V$ возросло с 7 до 100%. Одновременно в 2003 г. наблюдались высокие значения средней плотности изъятия краба с единицы площади ($I\%P$) и индекса среднесуточного вылова ($I\%dV$). Такое стремительно возросшее антропогенное воздействие на промысловую часть популяции камчатского краба оказалось крайне негативным для неё. В результате резкого роста изъятия крабов произошло такое же резкое падение индекса промыслового запаса ($I\%Z$) – вплоть до нижней части негативной зоны (Q_4).

Период 2004-2006 гг. За этот небольшой период произошёл выход индекса состояния промыслового запаса ($I\%Z$) из верхней части негативной зоны (23%) до верхней границы зоны неопределённости Q_3 (см. рис. 7) и формальному переходу его в следующую зону удовлетворительного состояния Q_2 (51%). Этот рост промыслового запаса был взаимосвязан с многократным снижением в 2004 г. индекса вылова ($I\%V$) и уменьшением индекса плотности изъятия ($I\%P$), что в свою очередь привело к разовому и значительному увеличению индекса среднесуточного вылова ($I\%dV$). Следует подчеркнуть, что положительная роль в восстановлении промыслового запаса в 2004-2006 гг. состояла в своевременном оперативном принятии управленческого решения, направленного на существенное снижение объёмов изъятия краба.

Период 2007-2014 гг. В этот период до 2009 г. наблюдался значительный рост индекса ежегодного вылова ($I\%V$) и индекса плотности изъятия ($I\%P$). После 2009 г. величины этих индексов были переменчивыми и имели тенденцию снижения к 2014 г. На этом вариативном фоне, начиная с 2007 г. шло постоянное уменьшение промыслового запаса, а в 2013-2014 гг. индекс запаса ($I\%Z$) достиг в зоне Q_4 минимальных значений (см. рис. 7). Промысловый пресс на популяцию камчатского краба в течение 2007-2014 гг., был чрезмерно высоким, проявившийся в низких показателях индекса среднесуточного вылова ($I\%dV$) и, по-видимому, присутствию «серой» (недостоверной) промысловой отчётности в этот период. Индекс промыслового запаса ($I\%Z$) в 2013 г. имел минимальное историческое значение 7,5%, а с 2014 г. отмечен незначительный его рост (12,6%). В 2013-2014 гг. оценки запаса выполнялись только для Аяно-Шантарского района промысла. В эти годы оценка запаса для всей рыбопромысловой подзоны была экспертной, составляя 3,3 и 3,4 тыс. т, а индекс запаса $I\%Z$ находился около 15%.

Период 2015-2018 гг. В этот период, начиная с 2015 г. наметился усиленный рост индекса про-

мыслового запаса ($I\%Z$) и достижением в 2018 г. его максимального исторического значения в 100% или 21,2 тыс. т (см. рис. 7). Стремительный подъём промыслового запаса в этот период был обусловлен своевременным снижением объёмов ОДУ до минимального уровня и введением ежегодного запрета в августе промысла краба. Индекс вылова ($I\%V$) составлял всего 13-20%, в отличие от 100% в 2003 г. В 2018 г. значения индекса среднесуточного вылова ($I\%dV$) и индекса плотности изъятия ($I\%P$) превысили 50% уровень (52-56%).

Уменьшение годового вылова ($I\%V$) в 2015-2018 гг. до минимальных значений $\leq 20\%$ обеспечивало рост индекса запаса $I\%Z$ и как следствие увеличились значения индексов $I\%dV$ и $I\%P$. Но, одним из наиважнейших факторов, повлиявшим на интенсивный рост запаса к 2018 г. было вхождение в промысловую часть популяции урожайных поколений молоди краба, наблюдавшихся в Аяно-Шантарском районе до середины прошлого десятилетия [Черниенко, 2010; 2013; Моисеев, 2015].

Период 2019-2023 гг. Этот современный этап характеризуется незначительным снижением значений индекса промыслового запаса ($I\%Z$) и его устойчивым состоянием на уровне 78-82%. Таким образом, индикатор запаса, находящийся в зоне Q_1 интерпретируется как хорошее. В последние три года значения индекса среднесуточного вылова ($I\%dV$) и плотность изъятия крабов с единицы площади ($I\%P$) выросли до максимальных исторических значений. Эти индикаторы промысловой статистики прямо или косвенно свидетельствуют о благополучном состоянии промыслового запаса в зоне Q_1 (см. рис. 7) и соответственно указывают на хорошую промысловую обстановку на ближайшие 2-3 года. Научный мониторинг промысла в районе «доступного запаса» в 2022-2023 гг. свидетельствует о том, что на площади около 2,5 тыс. km^2 сосредоточено до 4,5 млн экз. или до 7,4 тыс. т промысловых крабов [Моисеев, Моисеева, 2024], что составляет до 30% от максимальной промысловой биомассы 21,2 тыс. т, зафиксированной в 2018 г. (см. табл. 1).

В последние 5-6 лет состояние промыслового запаса камчатского краба оценивается как хорошее или близкое к таковому и как следствие происходит успешное освоение ОДУ аяно-шантарской популяции. Ежегодно специализированный промысел проходит исключительно на небольшой по площади акватории с «доступным запасом». Современное состояние промыслового запаса и данные промысловой статистики допускают, что в ближайшее годы возможно постепенное повышение объёмов вылова камчатского краба. В течение 2-3 лет допустимо поэтапное увели-

чение объёмов ОДУ (до 1,25 тыс. т). Умеренное повышение объемов изъятия камчатского краба поможет избежать резкого снижения запаса, наблюдавшегося в 2001-2003 и 2007-2014 гг. Следует учитывать, что в северо-западной части Охотского моря, как и в других дальневосточных морях, с начала 90-х гг. и до середины прошлого десятилетия наблюдался значительный перелов рекомендуемого объема ОДУ камчатского краба [Цыгир, 2006]. Поэтому, в современных условиях, когда ННН-вылов практически искоренён, а предлагаемое увеличение индекса ежегодного вылова ($\%V$) до 40-45% (до 1250 т) от максимального исторического значения, наблюдавшегося в 2003 г. (2,8 тыс. т) является вполне допустимым.

В ретроспективной динамике индекса промыслового запаса ($\%Z$) и двух основных промысловостатистических индексов ежегодного вылова ($\%V$) и среднесуточного вылова ($\%dV$) было выявлено шесть различных по продолжительности периодов, отличающиеся трендами подъёма или снижения значений индекса запаса (см. рис. 7). Эти же параметры, выраженные в абсолютных единицах (табл. 2), в последние 5-6 лет, свидетельствуют о благополучном состоянии промыслового запаса камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, включая и район

с «доступным запасом». Такое обобщение современной оценки запаса подтверждается наличием в размерном составе самцов высокой доли их молоди с ШК <130 мм, так в 2023 г. она составляла до 42% [Моисеев, Моисеева, 2024]. В целом, применение ретроспективных индексов промысловой статистики показывают, что оперативное снижение изъятия краба и введение других ограничительных мер в 2003-2004 и в 2014-2015 гг. (например, установление минимальных суточных норм вылова), ведёт к успешному восстановлению промыслового запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции в течение 3-4 лет. Такое предположение хорошо согласуется с темпами восстановления промыслового запаса камчатского краба на шельфе Западной Камчатки, ранее высказанное Л.Г. Виноградовым [1956; Избранные ..., 2013].

Ретроспективная зональная динамика интегрального индекса

В течение 30-летнего периода динамика значений у всех рассмотренных индикаторов была различной с соответствующими трактовками трендов развития ситуаций (табл. 2). Поэтому, для представленных выше результатов динамики индексов, возникает необходимость выполнить интегральную оценку индикаторов

Таблица 2. Ретроспективная динамика вариативности промыслового запаса, общего вылова и среднесуточного улова камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне в 1995-2023 г.

Table 2. Retrospective dynamics of the variability of the commercial stock, total catch and average daily catch of the red king crab in the north-western part of the Sea of Okhotsk in 1995-2023

Период	Запас			Объём вылова за год (освоение ОДУ)			Среднесуточный годовой вылов*			Состояние запаса зона Q / тренд
	mini	maxi	mid.	mini	maxi	mid.	mini*	maxi*	mid.*	
1995- 2000	тыс. т	8	19	14,73	0,207	0,500	0,369			Q_2-Q_1 / рост и стабильность
	$\%V$	37,7	89,6	69,5	7,4	17,9	13,2			
2001- 2003	тыс. т	5,8	14,2	8,72	1,4	2,8	2,227	1,45*	1,45*	$Q_2-Q_3-Q_4$ / рез- кое снижение
	$\%V$	27,4	67,0	41,1	48,8	100	79,5	32,0	32,0	
2004- 2006	тыс. т	5,8	11	8,73	0,478	0,747	0,592	0,873*	1,999*	Q_4-Q_3 / рост
	$\%V$	27,4	51,9	41,2	17,1	26,7	21,1	19,3	44,1	
2007- 2014	тыс. т	3,3	10,4	6,43	0,952	1,632	1,175	0,820*	1,286*	Q_3-Q_4 / сниже- ние
	$\%V$	15,6	49,1	30,3	34,0	58,3	42,0	18,1	28,4	
2015- 2018	тыс. т	5,4	21,2	11,66	0,374	0,569	0,503	2,199*	2,372*	Q_3-Q_1 / рост значительный
	$\%V$	25,5	100	55,0	13,3	20,3	18,0	48,5	52,4	
2019- 2023	тыс. т	16,5	18,7	17,37	0,681	0,797	0,733	2,877*	4,53*	Q_1 / стабильно вы- сокое
	$\%V$	77,8	89,2	81,9	24,3	28,5	26,2	63,5	100	

Примечание. * – в ячейках колонок среднесуточного годового вылова в соответствующих строках с абсолютными единицами (2-я колонка ячейки тыс. т) даны значения вылова в тоннах за одни сутки лова (т/сут.).

характеризующих промысловый запас [Буяновский и др., 2023]. Основные индексы из промысловой статистики по камчатскому крабу за 2003-2023 гг. представлены на рис. 6-7. Поэтому, интегральный индекс ($I\%_{intg}$) будет устанавливаться для этого периода по следующему алгоритму:

1. Имеются значения индексов $I\%Z$, $I\%V$, $I\%dV$, $I\%D$ и $I\%P$ (см. рис. 6) установленные по уравнению (1) из промысло-статистических данных (см. табл. 1), они указаны в долях (%). Ежегодное значение индекса соответствует его положению в квартильной зоне от Q_1 до Q_4 (Материал и методы; см. рис. 7).

2. Ежегодный интегральный или совокупный индекс ($I\%_{intg}$) определяется путём суммирования значений промысло-статистических индексов и деления этой суммы на число индексов. Полученное значение совокупного индекса $I\%_{intg}$ выраженное в процентах, будет оценочной характеристикой состояния запаса в соответствии с расположением значения индекса $I\%_{intg}$ в квартильной зоне от Q_1 до Q_4 (см. рис. 7), т. е. так же как и других индексов. Таким образом, в зависимости от количества суммируемых относительных индексов ежегодная оценка интегрального индекса $I\%_{intg}$ устанавливается из расчёта среднего арифметического значения от переменного количества слагаемых значений относительных индексов по следующей форме:

$$I\%_{intg} = (I\%Pr_1 + I\%Pr_2 + \dots + I\%Pr_n) / n, \quad (2)$$

где: $I\%Pr_i$ – значение одного из интегрируемых индексов, полученное в определённый год по уравнению (1); n – количество индексов.

Но при этом следует подчеркнуть, что ретроспективную динамику интегрального или совокупного индекса $I\%_{intg}$ необходимо строить в рамках принципа индикаторного метода «светофор», предложенного А.И. Буяновским с соавторами [2023]. Так, авторы, обсуждая расхождение цветов разных индикаторов в методе «светофора», приводят необходимость учитывать следующее обстоятельство «... Только при анализе их совокупного действия (индикаторов) повышается вероятность найти единственную непротиворечивую версию, которая отражает процессы, происходящие с реальным запасом. Чем больше индикаторов используется и чем более они независимы друг от друга, тем надёжнее итоговая (интегрированная) оценка» (цит. стр. 48). При таком подходе, в нашем случае совокупную оценку индекса $I\%_{intg}$ надо строить на трёх независимых между собой индексах – промысловом запасе ($I\%Z$), средней плотности изъятия краба с единицы площади за год ($I\%P$) и среднесуточном вылове ($I\%dV$) или ежегодном общем вылове

($I\%V$). При построении интегрального индекса $I\%_{intg}$ от индекса ежегодного вылова ($I\%V$) пришлось отказаться в пользу среднесуточного вылова ($I\%dV$) виду того, что за период 2003-2023 гг. разность между минимальными и максимальными значениями ежегодного вылова отличалась в 13,5 раза, а среднесуточного вылова в 5,5 раза (см. табл. 1).

В связи с этим, интегральная оценка промыслового запаса будет прописана в форме $I\%_{intg} = (I\%Z + I\%dV + I\%P) / 3$ и визуализирована графически. Для ретроспективного сравнительного анализа этот график (рис. 8) дополнили динамикой индекса промыслового запаса ($I\%Z$) и биологическими ориентирами. В рамках управления запасом камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне граничный ориентир по биомассе B_{lim} составляет 1,5 тыс. т, а целевой B_{tr} – 8,3 тыс. т, они установлены в 2015-2017 гг. [Буяновский и др., 2023].

При анализе рис. 8 следует обратить внимание на то, что с 2006 по 2009 гг. значения индекса $I\%_{intg}$ имели тренд роста. Значения же индекса запаса ($I\%Z$) стали снижаться после 2006 г. достигнув негативной зоны (Q_4) в 2012-2014 гг. В целом, за 2003-2014 гг. колебание индексов $I\%_{intg}$ и $I\%Z$ периодически имели реверсивное направление. Различие между трендами индексов могло быть результатом как ННН-промышленной, так и «серой» (недостоверной) отчётности. Поэтому, после 2004 г. индексы $I\%_{intg}$ и $I\%Z$ не отражали рост промыслового запаса к 2006 г. и его снижение с 2007 г. вплоть до вступления запаса в негативную зону Q_4 в 2012-2014 гг.

За весь период наблюдений с 2003 г., результаты индекса совокупной оценки ($I\%_{intg}$) оказались менее вариабельными, чем сам индекс промыслового запаса ($I\%Z$). Следует обратить внимание, на то, что с 2016 г. индекс интегральной оценки $I\%_{intg}$ демонстрирует существенный рост и указывает на то, что промысловый запас с 2020 г. находится в зоне первого квартиля (Q_1). Современная оценка состояния промыслового запаса хорошая, хотя его индекс $I\%Z$ с 2017 г. и подвержен существенным колебаниям. А начиная с 2020-2021 гг. состояние промыслового запаса камчатского краба оценивается как очень хорошее, т. к. оба его индекса расположены в квартильной зоне Q_1 . Учитывая вышеизложенное, с одной стороны интегрирование независимых между собой промысло-статистических индикаторов позволяет выравнивать их ретроспективную вариабельность (см. рис. 6-8). Но в то же время на рассматриваемом историческом отрезке индекс интегральной оценки $I\%_{intg}$, являясь дополнительным показателем к ретроспективной динамике индекса промыслового запаса $I\%Z$, графически

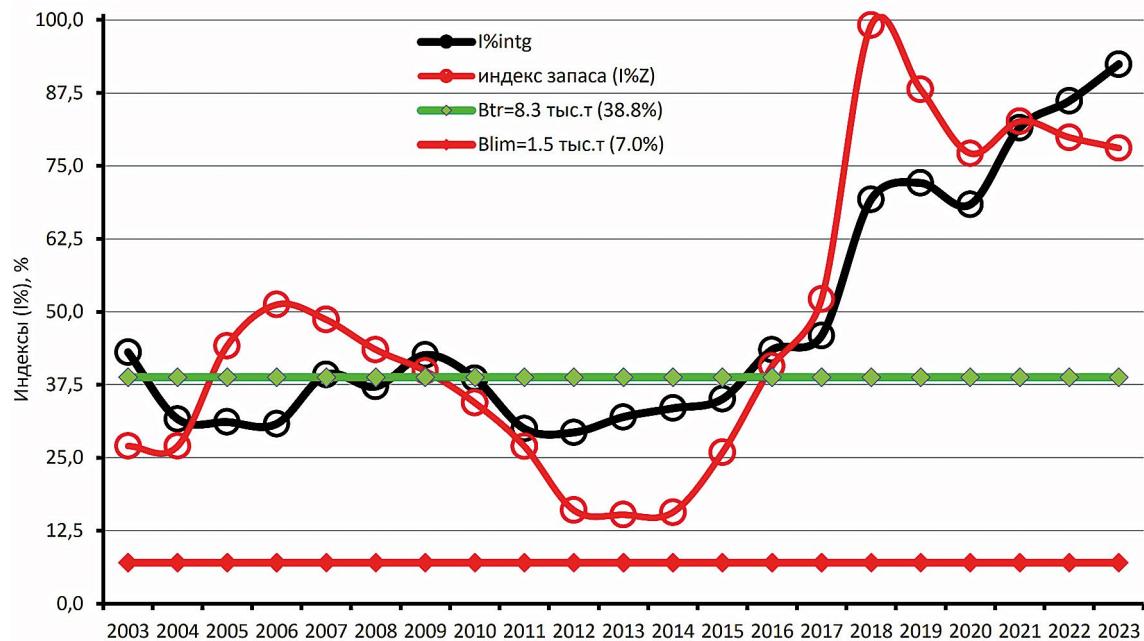


Рис. 8. Динамика индекса интегральной оценки ($\%_{intg}$) и индекса промыслового запаса ($\%Z$) камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне за 2003-2023 гг., где по оси абсцисс – годы наблюдений; по оси ординат диапазоны зон (Q_1-Q_4): 100% $\geq Q_1 > 75\%$; 75% $\geq Q_2 > 50\%$; 50% $\geq Q_3 > 25\%$; 25% $\geq Q_4 > 0\%$. Обозначения: B_{lim} ; B_{tr} (см. в тексте)

Fig. 8. Dynamics of the integral assessment index ($\%_{intg}$) and the commercial stock index ($\%Z$) of the red king crab in the northwestern part of the Sea of Okhotsk for 2003-2023, where the years of observations are on the abscissa axis; on the ordinate axis, the ranges of zones are (Q_1-Q_4): 100% $\geq Q_1 > 75\%$; 75% $\geq Q_2 > 50\%$; 50% $\geq Q_3 > 25\%$; 25% $\geq Q_4 > 0\%$. Notation: B_{lim} ; B_{tr} (see in the text)

отображает реальное влияние промысловых индикаторов на состояние промыслового запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба. На современном этапе видно, что эта единица запаса недоиспользуется рыбохозяйственной отраслью, так как целевой биологический ориентир управления существенно ниже оценки промыслового запаса. По-видимому, оптимальной характеристикой соотношению между значениями индекса промыслового запаса $\%Z$ и совокупного индекса $\%_{intg}$, будут те значения индексов $\%Z$ и $\%_{intg}$, которые будут варьировать между квартильными зонами Q_1 и Q_2 – от 65 до 85% (рис. 8).

Исходя из текущего состояния промыслового запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции, промысел этого вида в ближайшие годы будет проходить, как и прежде, на одном или на двух промысловых участках Аяно-Шантарского района (см. рис. 1; 5). В этом районе с «доступным запасом», начиная с 2019 г. локализуется промысловый флот по добыче камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время учётные съёмы проводятся с различным интервалом – до 2-4 лет, поэтому, существенно возрастает роль промыслово-статистических

параметров в оценке состояния запаса промысловых видов крабов. Одним из способов оценки состояния промыслового запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции предложено применять ретроспективный анализ динамики ряда таких параметров, переформатировав их в относительные индексы. Индексы, выраженные в едином масштабе, иллюстрируются единственным блоком, что позволяет оперативно дать качественную оценку о текущем состоянии запаса и возможных его трендах на 1-2 года вперёд. Заключение о состоянии промыслового запаса проводится по аналогии его исторических тенденций, визуализированных в рамках четырёхзонального подхода (см. рис. 7) и по динамике индекса интегральной оценки запаса (рис. 8). Анализ ретроспективной динамики промысловых индексов показал следующее:

А) Крайне негативное влияние на промысловый запас аяно-шантарской популяции камчатского краба оказывает чрезмерный промысловый пресс с ежегодным выловом более 2,5-3 тыс. т (без учёта ННН-изъятия и искажённой информации вылова), когда промысловый запас за 3 года (2002-2004 гг.) оказался в негативной зоне. Продолжительное, до 5-6 лет ежегодное изъятие до 2-2,5 тыс. т, также оказалось негативное влияние на эту единицу запаса.

Б) Ретроспективная визуализация индексов промысловой статистики показала, что оперативное принятие управленческого решения по снижению изъятия краба и введение различных ограничительных мер ведёт к успешному восстановлению промыслового запаса камчатского краба через 3-4 года.

В) Схема ретроспективной динамики промыслового запаса камчатского краба (см. рис. 7; табл. 2) предполагает, что поступление новых данных (прямой учёт или промысловая статистика) позволяет оперативно дать качественную оценку текущему состоянию промыслового запаса.

В настоящий период хорошее состояние промыслового запаса аяно-шантарской популяции может сохраниться на уровне 13-16 млн экз. в ближайшие 2-3 года. Это взаимосвязано со снижением пресса, выразившегося в низких значениях ежегодного вылова краба (индекс $I\%V$) и одновременно возросшими плотностями промысловых скоплений, что обеспечило высокие показатели индекса удельного изъятия ($I\%P$) краба с промысловой площади. Также сегодня хорошая промысловая обстановка позволяет краболовным судам за счёт высоких показателей среднесуточного вылова ($I\%dV$) за меньшее количество судо-суток осваивать установленные объёмы ОДУ.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность всем многочисленным коллегам – сотрудникам ТИНРО, ХабаровскНИРО и МагаданНИРО, участвовавшим в сборе данных по оценке состояния запаса камчатского краба аяно-шантарской популяции на протяжении более 30 лет. Авторы благодарны неизвестным рецензентам за сделанные ценные замечания, которые существенно улучшили представленную нами рукопись и расширили возможности использования предлагаемого подхода.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа была выполнена в рамках Госзадания ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. 2017. Принципы единой стратегии регулирования промысла крабов

и крабоидов в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 18 (1). С. 21-41.

Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО. 192 с.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев А.А., Петухова Н.Г., Сафаралиев И.А., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. 2018. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. 312 с.

Баканев С.В. 2022. Биологические основы эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море. Автореф. дисс. докт. биол. наук. М.: ВНИРО. 49 с.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «Картмастер» для обработки данных биоресурсных съемок // 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. Динамика промысловых запасов синего краба в морях России с учетом 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.

Буяновский А.И., Алексеев Д.О., Сологуб Д.О., Бизиков В.А. 2023. Динамика запасов и регулирование промысла крабов в морях России. М.: Изд-во ВНИРО. 324 с.

Виноградов Л.Г. 1956. Камчатский краб: биология, воспроизводство, запасы // Труды ИО АН СССР. Т. 14. С. 115-118.

Виноградов Л.Г. 2013. Избранные труды. М.: Изд-во ВНИРО. 562 с.

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.

Левин В.С. 2001. Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*. Биология, промысел, воспроизводство. СПб: Ижица. 198 с.

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

Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Каравеев 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 // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 24 с.
- Михеев А.А., Букин С.Д., Первеева Е.Р., Крутченко А.А., Смирнов И.П. 2007. К проблеме учета промысловых беспозвоночных в популяциях с низким уровнем численности // Труды ВНИРО. Т. 147. С. 27-38.
- 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-фьорда (Баренцево море) // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 151-177.
- Моисеев С.И. 2015. Некоторые морфометрические различия кleşней у камчатского краба аяно-шантарской популяции // Промысловые беспозвоночные: сб. материалов VIII Всерос. науч. конф. Калининград: КГТУ. С. 82-85.
- 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., Моисеева С.А. 2024. Результаты мониторинга промысловых видов крабов в северо-западной части Охотского моря летом 2023 г. // Труды ВНИРО. Т. 196. С. 193-199.
- Моисеев С.И., Сологуб Д.О., Слизкин А.Г., Лысенко А.В. 2022. Динамика индексов состояния запаса синего краба в западной части Берингова моря в 2005-2021 гг. // Труды ВНИРО. Т. 187. С. 18-32.
- Моисеев С.И., Сологуб Д.О., Шагинян Э.Р. 2021. Индекс относительной численности как оперативная оценка состояния запаса синего краба в заливе Шелихова Охотского моря // Труды ВНИРО. Т. 185. С. 5-21.
- Огурцов А.Ю. 2005. К методике оценки запаса волосатого краба по данным ловушечных съемок в Татарском проливе // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 294-303.
- Родин В.Е. 1985. Пространственная и функциональная структура популяций камчатского краба // Известия ТИНРО. Т. 110. С. 86-97.
- Родин В.Е., Мясоедов В.И. 1982. Биологическая характеристика популяции камчатского краба в северо-западной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 106. С. 3-10.
- Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мясоедов В.И., Барсуков В.Н., Мирошников В.В., Згуровский К.А., Канарская О.А., Федосеев В.Я. 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ТИНРО. 59 с.
- Соколов В.И. 2003. Распределение и некоторые особенности биологии массовых видов десятиногих ракообразных (Crustacea, Decapoda) в губе Териберка Баренцева моря // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 77-91.
- Черниенко И.С. 2010. Рост камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 163. С. 185-198.
- Черниенко И.С. 2011. Биология и промысловый потенциал аяношантарской популяции камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 20 с.
- Черниенко И.С. 2013. К уточнению популяционного статуса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 158-169.
- Черниенко И.А. 2016. Моделирование динамики запаса колючего краба *Paralithodes brevipes* южных Курильских островов конечно-разностной моделью с запаздыванием // Изв. ТИНРО. Т. 185. С. 102-111.
- Черниенко И.С. 2021. Стандартизация производительности промысла краба-стригуня опилио западной части Берингова моря с использованием аддитивных линейных моделей // Известия ТИНРО. Т. 201 (2). С. 359-370.
- 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.
- Шипунов А.Б., Балдин Е.М., Волкова П.А., Коробейников А.И., Назарова С.А., Петров С.В., Суфиянов В.Г. 2012. Наглядная статистика. Используем R! М.: ДМК Пресс. 298 с.
- Halliday R.G., Fanning L.P., Mohn R.K. 2001 Use of the traffic light method in fishery management planning // CSAC Res. Doc. 108. 41 pp.

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. (in Russ.)
- Babayan V.K. 2000. Precautionary Approach to Assessment of Total Allowable Catch (TAC): Analysis and practical recommendations. M.: Izd-vo VNIRO. 192 p. (in Russ.)
- Babayan V.K., Bobyrev A.E., Bulgakova T.I., Vasiliev D.A., Ilyin O.I., Kovalev Yu.A., Mikhailov A.I., Mikheev A.A., Petukhova N.G., Safaraliev I.A., Chetyrkin A.A., Sheremetev A.D. 2018. Methodological recommendations on the assessment of reserves of priority types of aquatic biological resources. Moscow: VNIRO Publishing House. 312 P. (in Russ.)
- Bakanov S. V. 2022. Biological bases of exploitation of commercial invertebrate stocks in the Barents Sea. Abstr. diss. doct. of sciences in biology. Moscow: VNIRO. 49 p. (in Russ.)
- 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. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I. 2012. Forecast of potential catch for coastal invertebrates: data-poor cases. Moscow: Izd-vo VNIRO. 222 p. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I. 2020. 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. (in Russ.)
- 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. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I., Alexeyev D.O., Sologub D.O., Bizikov V.A. 2023. Dynamics of stocks and regulation of crab fishing in the seas of Russia. Moscow: VNIRO Publishing House. 324 p. (in Russ.)
- Vinogradov L.G. 1956. Red king Red king crab: biology, reproduction, reserves // Proceedings of the Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences. V. 14. P. 115-118
- Vinogradov L.G. 2013. Selected works. M.: Publishing house VNIRO. 562 P.
- 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 // Izvestiya TINRO. V. 182. P. 38-47. (in Russ.)
- Levin V.S. 2001. Red King crab *Paralithodes camtschaticus*. Biology, fishing, reproduction. St. Petersburg: Izhitsa. 198 p. (In Russ.).
- Lysenko V.N. 2001. Features of the moulting of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) on the West Kamchatka shelf // Studies of the biology of commercial crustaceans and algae of the seas of Russia. Moscow: VNIRO Publish. P. 111-119. (In Russ.).
- 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 p. (in Russ.)
- 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. (in Russ.)
- Mikheev A.A. 2004. Modelirovaniye stohasticheskikh processov v ekspluatiruemiy populyaciya ryb i bespozvonochnykh [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 p. (in Russ.)
- Mikheyev A.A., Bukin S.D., Penjeyeva E.R., Krutchenko A.A., Smirnov I.P. 2007. To the problem of counting commercial invertebrates in low-abundant populations // Trudy VNIRO. V. 147. P. 27-38. (in Russ.)
- 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 // Izvestiya TINRO. V. 168. P. 99-120. (in Russ.)
- 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. (in Russ.)
- Moiseev S.I. 2015. Some morphometric differences of claws in the red king crab of the ayano-shantar population // Commercial invertebrates. Collec. of mat. of the VIII All-Russian Scient. Conf. Kaliningrad: KGTU. P. 82-85. (in Russ.)
- 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., Moiseeva S.A. 2024. Results of monitoring of commercial crab species in the northwestern part of the Sea of Okhotsk in the summer of 2023 // Trudy VNIRO. V. 196. P. 193-199. (in Russ.)
- Moiseev S.I., Sologub D.O., Slizkin A.G., Lysenko A.V. 2022. Dynamics of indices of the state of the blue king crab stock in the western part of the Bering Sea in 2005-2021 // Trudy VNIRO. V. 187. P. 18-32. (in Russ.)
- Moiseev S.I., Sologub D.O., Shaginyan E.R. 2021. 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. V. 185. P. 5-21. (in Russ.)
- 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. V. 144. P. 294-303. (in Russ.)
- Rodin V.E. 1985. Spatial and functional structure of the red king crab populations // Izvestiya TINRO. V. 110. P. 86-97. (In Russ.).
- Rodin V.E., Myasoedov V.I. 1982. Biological characteristics of the red king crab population in the northwestern part of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 106. P. 3-10. (In Russ.).
- Rodin V.E., Slizkin A.G., Myasoedov V.I., Barsukov V.N., Miroshnikov V.V., Zgurovsky K.A., Kanarskaya O.A., Fedoseev V.Ya. 1979. A guide to the study of Decapoda Decapod crustaceans of the Far Eastern seas. Vladivostok: Publishing house of TINRO. 59 p. (in Russ.)
- Sokolov V.I. 2003. On the biology and distribution of common Decapoda in the Teriberskaja guba, the Barents Sea // Trudy VNIRO. V. 142. P. 77-91. (in Russ.)
- Chernienko I.S. 2010. Growth of red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the northwestern Okhotsk Sea // Izvestiya TINRO. V. 163. P. 185-198. (in Russ.)
- Chernienko I.S. 2011. Biology and fishing potential of the ayano-shantar population of the red king crab *Paralithodes camtschaticus*. PhD Abstr. in biology. Vladivostok: TINRO-Center. 20 p. (in Russ.)
- Chernienko I.S. 2013. On clarification of the population status of the Red King crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) in the north- western part of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 174. P. 158-169. (In Russ.).

*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 // Izvestiya TINRO. V. 185. P. 102-111. (in Russ.)*

Chernienko I.S. 2021. Standardization of landing efficiency for opilio crab in the western Bering Sea by using of generalized additive models // Izvestiya TINRO. V. 201, Iss. 2. P. 359-370. (in Russ.)

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. (in Russ.)

Shipunov A.B., Baldin E.M., Volkova P.A., Korobeynikov A.I., Nazarova S.A., Petrov S.V., Sufianov V.G. 2012. Visual statistics. We use R! M.: DMK Press. 298 p. (in Russ.)

Halliday R.G., Fanning L.P., Mohn R.K. 2001 Use of the traffic light method in fishery management planning // CSAC Res. Doc. 108. 41 pp.

Поступила в редакцию 28.01.2025 г.

Принята после рецензии 13.03.2025 г.