

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
BIOLOGICAL RESOURCES**

Научная статья

УДК [597.555.51–152.6+639.2.053.7]/(265.51)**DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-465-489****EDN: YZFXBY****ЗАПАСЫ И ПРОМЫСЕЛ ТРЕСКИ (*GADUS MACROCEPHALUS*, GADIDAE)
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ В 1965–2022 ГГ.****А.Б. Савин***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. По материалам, собранным в исследовательских и промысловых рейсах, а также по промысловой статистике и литературным данным описана динамика запасов и годовых уловов трески в северо-западной части Берингова моря за период с 1965 по 2022 г. Рассчитаны различные промыслово-биологические параметры: мгновенные коэффициенты промысловой и естественной смертностей, параметры уравнения Бергаланфи и пр. Снижение запасов предположительно связано с увеличением площади распространения Лаврентьевского холодного пятна, а также с донным траловым промыслом на нерестилищах. Сделан вывод о том, что начиная с 2002 г. промысловая нагрузка на стадо трески была умеренной, а промысловая смертность не превышала свой целевой ориентир. Однако в ближайшие 3–4 года при сохранении тенденции быстрого снижения запасов трески при сравнительно высокой промысловой нагрузке возможно нарастание мгновенного коэффициента промысловой смертности, значение которого может выйти за пределы не только указанного целевого ориентира, но и граничного ориентира по промысловой смертности.

Ключевые слова: тихоокеанская треска, северо-западная часть Берингова моря, динамика годовых уловов, запасы, параметры уравнения Бергаланфи, размерный и возрастной составы, естественная смертность, промысловая смертность, пополнение, урожайность поколений, правило регулирования промысла

Для цитирования: Савин А.Б. Запасы и промысел трески (*Gadus macrocephalus*, Gadidae) северо-западной части Берингова моря в 1965–2022 гг. // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 465–489. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-465-489. EDN: YZFXBY.

Original article

**Stocks and fishery of cod (*Gadus macrocephalus*, Gadidae)
in the northwestern Bering Sea in 1965–2022****Andrey B. Savin**Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia
Ph.D., leading researcher, andrey.savin@tinro.ru, ORCID 0009-0003-5910-6512

Abstract. For pacific cod in the northwestern Bering Sea, biomass of the summer-fall feeding aggregations in the specified area of their highest density (polygon) is considered as

* Савин Андрей Борисович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, andrey.savin@tinro.ru, ORCID 0009-0003-5910-6512.

a stock unit. The fish in these aggregations belong to the populations spawn in both local and adjacent areas. The stock values, biological parameters, and annual catches are determined for the period from 1965 to 2022 on the materials collected in research surveys and commercial expeditions, as well as on the data of fishery statistics and cited data. The average length of cod caught by different commercial fishing gears is determined as 42.01 cm for Danish seine, 53.01 cm for bottom trawls, 58.15 cm for midwater trawls, 61.94 cm for longlines. The midwater and bottom trawls used in research surveys are equipped with the rigging for better account of juvenile fish, therefore the average length of cod in their catches is 46.42 and 36.52 cm, respectively. The cod aged from 3 to 12 years are presented in the longline catches, with the modal group of 5 years old, but the age range is wider for bottom trawls, from yearlings to 12–13 years old fish, with a modal group varying from 2 to 5 years old in different years. The parameters of von Bertalanffy equation of linear growth for pacific cod are determined as: $L_{\infty} = 111.993$ cm, $K = 0.159$, and $t_0 = -0.024$ and for the equation of weight growth rate: $W_{\infty} = 14.006$ kg, $K = 0.245$, and $t_0 = 1.221$. The age of mass maturation is 4.4 years. The instantaneous coefficient of natural mortality, calculated by Tyurin, is age-dependent, with the minimum for 5 years old fish (0.345 year^{-1}), 1.245 year^{-1} for yearlings, 1.231 year^{-1} for 11 years old fish, and 1.860 year^{-1} for 12 years old fish. History of the cod fishery in the northwestern Bering Sea is traced since its start in 1965. The cod fishery was realized with various types of fishing vessels (from small seiners to supertrawlers) and fishing gears, but the bulk of annual catch was landed with longlines (65.9 % in the 2010–2022, whereas only 21.4 % was landed with bottom trawls and 12.7 % with Danish seine). Overfishing happened in 1971, when the annual catch increased to 91,600 t on the background of poor replenishment, after that the catch decreased to 760–1420 t in 1976–1979. Then the stock had recovered and the catch increased from 3890 t in 1980 to 58,480 t in 1986. Next decline to 13,810 t in 2009 was followed by a new growth to the record value of $106.2 \cdot 10^3$ t in 2020, but recently the annual catch decreased again ($61.5 \cdot 10^3$ t in 2022). This dynamics corresponded to the stock fluctuations: according to the trawl surveys data, the spawning stock within the polygon ranged between $66.5\text{--}282.6 \cdot 10^3$ tons in the 1965–1974, decreased to $24.5 \cdot 10^3$ t in 1977 because of overfishing, gradually recovered to $108.1 \cdot 10^3$ t in 1980, $173.0 \cdot 10^3$ t in 1982, and $561.6 \cdot 10^3$ t in 2000, then declined again to $151.4 \cdot 10^3$ t in 2001 and grew in the last two decades to the maximum values of $1,297.9 \cdot 10^3$ t in 2018. Recently a rapid decline of the stock is observed to $475.0 \cdot 10^3$ t in 2022. The changes of the assessed spawning stock generally precede for two years the CPUE changes due to relatively younger age composition in the catches of research bottom trawl used for the stock calculation, in comparison with the age composition in commercial catches. The stock dynamics within the polygon in the northwestern Bering Sea is driven by variations of the cod feeding migration to this area that correlates with the extension of the coldwater pool at the sea bottom around St. Lawrence Island. From the other hand, the migration depends on the cod abundance on the spawning grounds that could be negatively impacted by the bottom trawl fishery in the spawning season. Since 2002, the fishing pressure was moderate, and fishing mortality did not exceed the fishing exploitation target. However, overfishing is possible in the next 3–4 years, if the fishing mortality goes beyond the target benchmark.

Keywords: pacific cod, northwestern Bering Sea, catch dynamics, fish stock, Bertalanffy equation, size composition, age composition, natural mortality, fishing mortality, recruitment, year-class, fisheries regulation

For citation: Savin A.B. Stocks and fishery of cod (*Gadus macrocephalus*, Gadidae) in the northwestern Bering Sea in 1965–2022, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 465–489. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-465-489. EDN: YZFXBY.

Введение

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* является эпимезобентопелагическим, элиторальным видом и имеет широкобореальное распространение. Ее ареал располагается на шельфе и верхней части склона северной Пацифики вдоль азиатского материка от Корейского полуострова и японских островов на юге до Берингова пролива на севере. В отдельные годы ее особи встречаются также в Чукотском море. Вдоль американского материка ареал простирается на юг до зал. Санта-Моника, расположенного примерно на 34° с.ш. [Моисеев, 1953; Линдберг, Легеза, 1965; Bakkala et

al., 1984; Chang Ik Zhang, 1984; Mishima, 1984; Шейко, Федоров, 2000; Фадеев, 2005; Парин и др., 2014; Орлов и др., 2020].

В северо-западной части Берингова моря треска относится к важнейшим объектам рыболовства. Динамика ее годовых уловов подвержена значительным колебаниям, связанным с флюктуациями запасов, — от нескольких сотен тонн во второй половине 1970-х гг. до чуть более сотни тысяч тонн в 2020 г.

Целью настоящей работы является определение запасов трески северо-западной части Берингова моря в 1965–2022 гг. и выявление тенденции их будущих изменений.

Материалы и методы

Район исследований располагается в северо-западной части Берингова моря, в пределах которой выделяют Западно-Берингоморскую и Чукотскую промысловые зоны (рис. 1). На западе он граничит с Карагинской промысловой подзоной, а на юго-востоке и востоке — с исключительной экономической зоной (ИЭЗ) США.

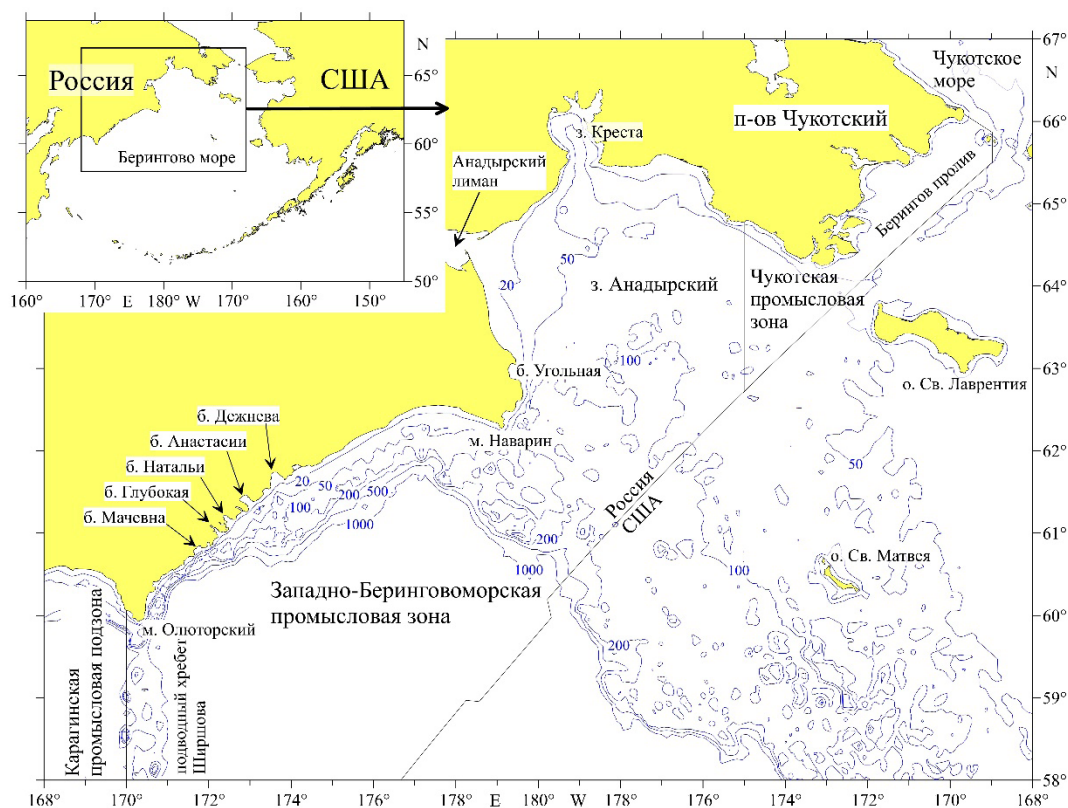


Рис. 1. Схема района исследований в северо-западной части Берингова моря

Fig. 1. Scheme of the study area in the northwestern Bering Sea

Определяемая единица запаса трески в северо-западной части Берингова моря условно принимается соответствующей ее летне-осенним нагульным скоплениям в указанном районе. Эта треска рождается как на нерестилищах оликторско-наваринского района, возможно, и Карагинской подзоны, так и на американских нерестилищах, расположенных вблизи границы ИЭЗ России, а в некоторые годы и на сравнительно удаленных нерестилищах у п-ова Аляска.

Запасы трески с 1965 по 1968 и с 1970 по 1980 г. рассчитаны нами с помощью программы «КартМастер» по методу сплайн-аппроксимации [Василенко, 1983], плотности ее распределения — в зависимости от глубин обитания [Бизиков и др., 2007; Поляков, 2008]. Исходными данными послужили результаты 3779 донных тралений

77 экспедиций ТИНРО этих лет (см. таблицу). При расчетах использовался один и тот же полигон, в пределах которого оценен запас. В те годы для исследовательских работ применялись тралы различных конструкций, обозначенных в рейсовых отчетах как ДТ-25,0; ДТ-27,1/24,4; ДТ-28,4; ДТ-31,0/25,5; ДТ-32,5/38,2; ДТ-43,0; ДТ-51,0; ДТ-43,0. Их раскрытие в расчетах принято равным 60 % от длины верхней подборы тралов, указанной в названиях.

Количество экспедиций и донных тралений (1965–2021 гг.)
в северо-западной части Берингова моря
Number of surveys and bottom trawlings in the northwestern Bering Sea in 1965–2021

Год	Экспедиции	Траления
1965	4	86
1966	3	175
1967	3	154
1968	2	312
1970	4	126
1971	7	328
1972	5	221
1973	6	216
1974	7	236
1975	8	388
1976	8	146
1977	4	439
1978	4	213
1979	3	200
1980	6	171
1999	1	234
2001	1	158
2002	1	162
2004	1	67
2005	2	216
2008	1	176
2010	2	284
2012	1	189
2015	1	190
2016	1	125
2017	1	207
2019	1	220
2020	3	169
2021	1	125
Всего	92	5933

Запасы трески методом «SYNTHESIS» рассчитывались по следующим временным промежуткам: 1982–2000, 2000–2012 и 2012–2021 гг. Необходимость разбиения по ним вызвана как разнокачественностью исходного для расчетов материала, так и изменчивостью условий промысла. Запас для 2022 г. представлен по экстраполяции значений четырех предыдущих лет.

Значения запасов для 1969 и 1981 гг. определить не удалось из-за отсутствия исходных материалов. Оценки биомасс нерестовых запасов (SSB — Spawning-stock biomass) для 2000 и 2012 гг. получены методом «SYNTHESIS» дважды по двум смежным временным промежуткам.

Запасы трески за период с 1999 по 2021 г. оценивались также по материалам 2552 тралений из 18 донных траловых съемок, проведенных на исследовательских судах ТИНРО. Они выполнялись по стандартной методике [Савин, 2011]. Применялся ис-

следовательский трал ДТ-27,1/24,4 с длиной мешка 8 м, оснащенного мелкочечной (селективной) вставкой с размером ячеи 10 мм.

Для оценки размерного состава уловов применялись и разноглубинные исследовательские тралы РТ 108/528; РТ 57/360; РТ 80/376; РТ 80/396. Их мешки также были оснащены мелкочечной (селективной) вставкой с размером ячеи 10 мм.

Основным отличием оснастки промысловых тралов, размерный состав уловов которых также анализировался, является сравнительно большой размер ячеи их мешков и селективных вставок, чаще всего от 60 до 120 мм.

Плотности распределения трески рассчитывались по ее уловам в зависимости от протраленной площади с учетом соответствующего коэффициента уловистости:

$$P_i = \frac{m_i}{1,852 \cdot v_i \cdot t_i \cdot 0,001 \cdot a \cdot k},$$

где P — плотность распределения трески, кг/км²; m — улов трески, кг; v — средняя скорость траления, уз; t — время траления, ч; a — горизонтальное раскрытие трала, равное 60 % длины верхней подборы трала; k — коэффициент уловистости, принятый для трески равным 0,4; 1,852 — коэффициент перевода морских миль в километры; 0,001 — коэффициент перевода метров в километры; i — индекс, обозначающий номер траления.

Расчет биомассы (для 1999–2021 гг.) проводился методом площадей по ячейкам Вороного-Дирхле [Борисовец и др., 2003]. Полигоны указанных ячеек строились отдельно в рамках следующих батиметрических диапазонов: 20–≤50, >50–≤100, >100–≤200, >200–≤300 и >300–≤400 м.

$$BM = \sum_{i=\min}^{\max} P_i S_i,$$

где BM — биомасса; S_i — площадь ячейки Вороного-Дирхле i -того траления.

Учетные акватории траловых съемок, выполненных в 2004 г. (СРТМ-К «Камчатниро-1»), 2016 г. (СТР «Потапово») и 2019 г. (НИС «Профессор Леванидов»), располагались только на олюторско-наваринском шельфе. Полученные по их данным биомассы трески пересчитаны на всю стандартную акваторию по методике совпадающих частей полигона [Савин, 2012].

Метод «SYNTHESIS» относится к группе аналитических с применением когортных подходов. Его алгоритм реализован в компьютерной программе «Methods» версии 3.06. Он был подготовлен в Камчатском филиале ВНИРО (КамчатНИРО) [Бабаян и др., 2018]. В качестве результата расчетов дается SSB.

Методом Пелла-Томлинсона, относящимся к группе продукционных моделей, с 1997 по 2016 г. проведены расчеты запасов по материалам промысловой статистики. Этот метод был реализован в программе «COMBI 4.0», подготовленной во ВНИРО [Бабаян и др., 2018]. По результатам расчетов найден не только один из вариантов динамики запасов, но и данные для построения правила регулирования промысла (ПРП).

Промысловая мера — минимальный размер рыбы, при достижении которого разрешен ее вылов. Он составляет для тихоокеанской трески 40 см по промысловой длине — длине AD*, что соответствует согласно нашим расчетам 43,1 см по биологической длине (длина по Смитту, или длина AC).

Размерные составы трески из уловов различных орудий построены по материалам, собранным как в экспедициях научно-исследовательских судов ТИНРО, так и биологами-наблюдателями в промысловых рейсах.

Материалы размерного состава собирались на промысловых судах: из уловов донных тралов в 33 рейсах с 2000 по 2022 г., из уловов разноглубинных тралов в 51 рейсе с

* Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденные приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 6 мая 2022 г. № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». М., 2022. 103 с.

1999 по 2022 г., из уловов снюрреводов в 2 рейсах 2012 и 2019 гг. и из уловов ярусов в 51 рейсе с 2000 по 2022 г.

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам предварительно рассчитан в процессе реализации вышеуказанной программы «Methods» по методике П.В. Тюрина [1972].

Статистика годового вылова взята из различных источников: за 1965–1967 гг. — из архива В.А. Снытко*, значения годового вылова за 1968–1994 гг. — оцифрованы по графику из публикации А.В. Винникова [Vinnikov, 1996], за 1995–2002 гг. — также оцифрованы по графику из публикации Д.А. Терентьева с соавторами [2010] и за 2003–2022 гг. — из Базы данных Отраслевой системы мониторинга рыболовства.

Пополнение трески рассчитано методом Аллена [Allen, 1968] по формуле

$$W_2 = \frac{A_2 - T}{A_2},$$

где

$$A_2 = \frac{p_2/p_1}{Q_2/Q_1},$$

$$T = \frac{\exp\{-(M_r+F)\}}{\exp\{-(M_j+F)\}},$$

W_2 — пополнение по Аллену; A_2 — коэффициент изменчивости возрастного состава последующего года относительно года предыдущего; T — отношение коэффициентов выживания полностью вступивших в промысел возрастных групп к уязвимым для промысла не полностью вступившим возрастным группам; M — МКЕС, рассчитывается как средневзвешенная величина по относительной численности возрастных групп в соответствующие годы по зависимости Тюрина; F — мгновенный коэффициент промысловой смертности (МКПС); j — не полностью вступившие в промысел возрастные группы; r — полностью вступившие в промысел возрастные группы; Q_1 — число всех рыб, полностью вступивших в промысел возрастных групп в пробе, взятой в предыдущий год; Q_2 — число рыб тех же самых поколений, что и рыбы из Q_1 , но в пробе, взятой в следующий год; p_1 — число всех рыб, не полностью вступивших в промысел возрастных групп в пробе, взятой в предыдущий год; p_2 — число рыб тех же самых поколений, что и рыбы из p_1 , но в пробе, взятой в следующий год.

Определение лет рождения урожайных или неурожайных поколений проведено по численности годовиков, 2- и 3-годовиков, полученной методом «SYNTHESIS». Низкоурожайное (L) или высокоурожайное (H) поколения (p) условно полагались в зависимости от средней численности (M) всех поколений по возрастным группам с учетом среднеквадратичного отклонения (σ) за весь период:

$$L_p \leq M - \sigma/2,$$

$$H_p \geq M + \sigma/2.$$

Результаты и их обсуждение

На шельфе и верхней части склона северо-запада Берингова моря треска обитает почти повсеместно от района у мыса Олюторского на северо-восток к мысу Наварин, а также на северной части подводного хребта Ширшова. В Анадырском заливе она встречается в зависимости от сезона: в летне-осенний период, в разгар нагула, — почти повсеместно, иногда заходя в его северную часть и зал. Креста; в зимне-весенний период — во время зимовки и нереста ее большая часть опускается на внешний шельф и верхний отдел склона у мысов Наварин, Олюторский и хребта Ширшова, а также на олюторско-наваринский шельф и склон. В отдельные теплые годы происходят ее миграции через Берингов пролив в Чукотское море [Моисеев, 1953; Вершинин, 1987; Савин, 2008, 2013, 2016; Орлов и др., 2020].

* Василий Алексеевич Снытко — кандидат биологических наук, с 1981 по 1994 г. руководил лабораторией сводного биологического прогноза ТИНРО.

Батиметрический диапазон обитания трески лежит в пределах от глубин менее 1 м до 600–800 м.

Нерестилища трески в рассматриваемом районе располагаются на внешнем крае шельфа и верхнем отделе склона южнее мыса Наварин, у бухт Глубокая — Анастасии, а также у мыса Олюторского и на северной части подводного хребта Ширшова. Ее нерест является единовременным, отмечаемым в придонных слоях воды, в то время как большая часть акватории еще покрыта льдом. В отличие от атлантической трески *Gadus morhua*, имеющей пелагическую икру, у тихоокеанской трески икра донная [Моисеев, 1953; Терентьев, Винников, 2003; Савин, 2016].

Основной пищей трески в западной части Берингова моря служат рыбы, крабы, креветки и черви [Напазаков и др., 2001; Напазаков, 2004; Чучукало, 2006].

По литературным данным тихоокеанская треска в северо-западной части Берингова моря достигает длины 115 см, массы 18,0 кг и 13–14-летнего возраста [Моисеев, 1953; Фадеев, 2005] или даже 118 см при массе 20,7 кг [Вершинин, 1987]. По нашим данным наиболее крупная треска имела длину 120 см и была выловлена на ярус в районе хребта Ширшова 13 апреля 2016 г. Наиболее старая треска имела 15-годовой возраст при длине 103 см и массе тела 11,8 кг. Она была выловлена донным тралом на изобате 102 м в районе мыса Наварин 20 июня 1992 г.

Треска обладает довольно быстрым темпом роста. По нашим исследованиям в северо-западной части Берингова моря, если ее годовики имеют средние длину и массу 17,5 см и 0,060 кг, то 4-годовики — 49,8 см и 1,617 кг, а 8-годовики — 81,5 см и 7,476 кг. На тринадцатом году жизни эти параметры составляют 96,0 см и 11,500 кг (рис. 2).

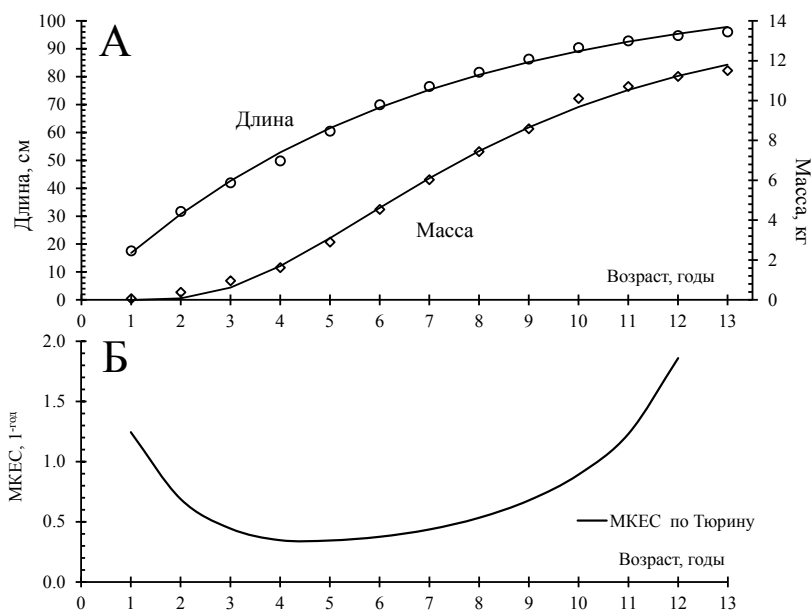


Рис. 2. Среднегодовые (1999–2021 гг.) темпы роста (А) и зависимости мгновенного коэффициента естественной смертности (МКЕС) (Б) в скоплениях трески северо-западной части Берингова моря

Fig. 2. Growth rate (А) and instantaneous coefficient of natural mortality (Б) for pacific cod in the northwestern Bering Sea averaged for 1999–2021

Параметры зависимости Бергаланфи для темпа размерного роста трески, рассчитанные по среднегодовым данным (1999–2021 гг.), составили: $L_{\infty} = 111,993$; $K = 0,159$; $t_0 = -0,024$, а для темпа весового роста — $W_{\infty} = 14,006$; $K = 0,245$; $t_0 = 1,221$.

В рассматриваемом районе треска впервые начинает созревать в среднем на третий-четвертый год жизни при длине тела 35–45 см и массе 1,0–1,8 кг. Соотноше-

ние полов в скоплениях обычно близко 1 : 1 с незначительным смещением в пользу самок. Возраст массового созревания по среднемноголетним данным (1999–2021 гг.) равняется 4,4 года. Согласно построенной таким образом зависимости, если на начало четвертого года половозрелыми были 36 % особей, то с пятого по десятый год их доля увеличивалась с 72 % до близкой к 100 %.

МКЕС зависит от возраста. Он является наименьшим для 5-годовиков, составляя 0,345, притом что у годовиков равен 1,245, а у 11- и 12-годовиков — соответственно 1,231 и 1,860 год⁻¹.

Размерный состав уловов трески зависит от орудия лова, районов и сезонов промысла [Vinnikov, 1996; Балыкин и др., 2010; Антонов, 2011; Датский, 2016; и др.].

По результатам наших исследований самая малоразмерная треска, средней длиной 42,01 см, обычно добывается снюрреводами (рис. 3). Суда с этими орудиями лова, как

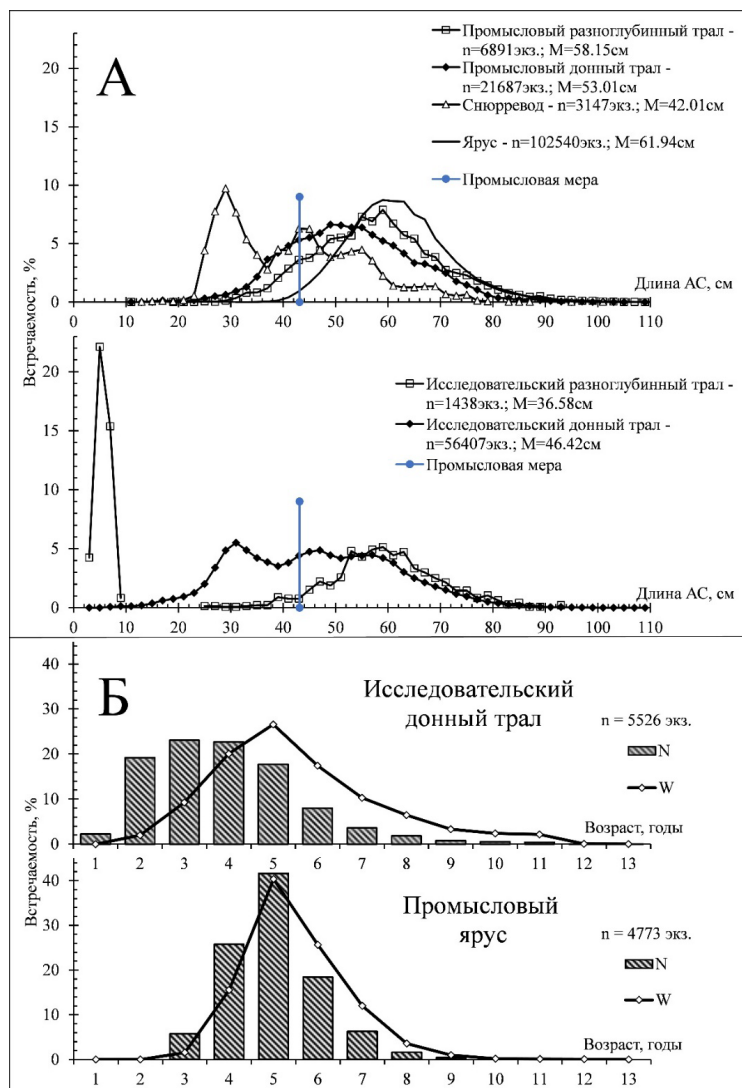


Рис. 3. Среднемноголетний размерный (А) и возрастной (Б) составы трески, выловленной различными орудиями лова в северо-западной части Берингова моря в 1999–2021 гг.: n — количество исследованных экземпляров; M — средняя длина; N — возрастной состав по численности; W — возрастной состав по биомассе

Fig. 3. Size (А) and age (Б) composition of pacific cod in commercial catches obtained in the northwestern Bering Sea in 1999–2021, by fishing gears; n — number of specimens; M — mean length; N — age composition, number; W — age composition, biomass

правило, работают только в теплый период года на малых глубинах вблизи олюторско-наваринского побережья, а также в западной части Анадырского залива, именно в местах, в которых нагуливается молодь. Здесь она может также прилавливаться на промысле камбал и других донных объектов. Согласно расчетам среднемноголетнего (1999–2022 гг.) размерного состава снюрреводных уловов треска промысловых размеров — больше промысловой меры — составляет 44,9 % по численности и 80,2 % по биомассе.

Промысловым донным тралом треска облавливается в основном в начале года — в период нереста. С середины мая и до конца года ее специализированный промысел не ведется, но она прилавливается в сравнительно небольших количествах на добыче других донных объектов. Средняя длина рыбы из уловов трала составляет 53,01 см. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах этого орудия составляет 78,2 % по численности и 93,6 % по биомассе.

Промысловым разноглубинным тралом облавливается еще более крупная треска, имеющая средний размер 58,15 см. Ее лов ведется также в основном до середины мая, после чего она прилавливается в незначительных количествах на добыче минтая. Более крупные размеры тела в уловах разноглубинного трала по сравнению с донным объясняются особенностями поведения старшевозрастной трески, которая чаще поднимается в пелагиаль или обитает на сравнительно больших, чем молодь, глубинах. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах этим орудием составляет 89,7 % по численности и 97,5 % по биомассе.

Ярусом облавливается наиболее крупная треска, ее средний размер составляет 61,94 см. Преимущественный лов крупной старшевозрастной трески объясняется особенностями работы этой крючковой снасти. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах ярусов составляет 98,9 % по численности и 99,7 % по биомассе.

Таким образом, в уловах всех перечисленных промысловых орудий лова наблюдается прилов непромысловой молоди. Наибольшее ее количество попадает в снюрреводы: 55,1 % по численности и 19,8 % по биомассе, а наименьшее — на ярусы: 1,1 % по численности и 0,3 % по биомассе.

Треска в среднемноголетнем улове исследовательского донного трала во время проведения траловых съемок имела длину от 3 до 110 см при среднем значении, равном 46,42 см. Основу улова (81,0 %) составляли особи длиной 26–64 см. В уловах исследовательского разноглубинного трала треска имела длину от 3 до 94 см при средней длине 36,58 см. Его основу образовывали особи двух размерных групп: молодь длиной 3–8 см (41,7 %) и более крупные особи длиной 46–72 см (46,0 %).

Уловы научного донного трала включают в себя возрастные группы трески от годовиков до 11-годовиков, в редких случаях — до 12- и 13-годовиков при модальных группах по численности от 2- до 5-годовиков. В среднемноголетнем составе основу по численности (82,7 %) образуют возрастные группы от 2- до 5-годовиков, а по биомассе (83,6 %) — от 3- до 7-годовиков.

Ярусами облавливается более старая треска: от 3- до 12-годовиков при модальной группе по численности, образованной почти всегда 5-годовиками. Основу ее численности занимают особи в возрасте от 4- до 6-годовиков (87,0 %), а биомассы — от 4- до 7-годовиков (93,5 %).

В качестве исходного материала для расчетов динамики запасов трески выбран возрастной состав уловов донного исследовательского трала. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, по сравнению с уловами из промысловых орудий лова он охватывает наибольший диапазон возрастной и размерной шкал. Во-вторых, в нем хорошо представлена молодь длиной менее 38 см и в возрасте годовиков и 2-годовиков, что позволяет прогнозировать уровень пополнения промыслового стада на ближайшие годы. В-третьих, возрастные ряды уловов донного исследовательского трала наиболее

хорошо представлены в нашей коллекции по годам промысла с наименьшим количеством лет пропусков.

Данные промысловой статистики начала освоения берингоморских стад трески в 1960–1970-е гг. различаются в разных источниках. Это обусловлено рядом причин. Треска, добываемая в прилове на промысле минтая и камбал, в статистике учитывалась не всегда. До конца 1970-х гг. — до введения исключительных экономических зон государств — существовало несколько иное зональное деление, что вносило определенные трудности и разночтения в отнесении уловов к той или иной из нынешних ИЭЗ. До их введения отсутствовала или была отрывочной информация об иностранном промысле у наших берегов. Можно отметить также и то, что система сбора, оформления и хранения базы промысловой статистики в те годы находилась только на стадии формирования.

Промысловые скопления трески в северо-западной части Берингова моря впервые обнаружены капитаном С.И. Кострубовым во время исследовательской экспедиции, подготовленной и проведенной И.А. Полутовым и И.Г. Заксом в 1931 г. [Полутов, 1995]. В 1950–1952 гг. в Анадырском заливе состоялась научная траловая экспедиция, подтвердившая наличие ее промысловых скоплений [Гордеев, 1954]. Дальнейшие исследования в тот период сдерживались отсутствием в районе промышленного лова. Более или менее регулярные научные экспедиции начали проводиться с середины 1960-х гг. — с началом интенсивного промышленного освоения запасов трески и камбал [Вершинин, 1976, 1984, 1987].

Первый заметный годовой вылов трески в северо-западной части Берингова моря согласно архивным данным В.А. Снытко получен в 1965 г., когда было поймано 0,8 тыс. т (рис. 4). К 1967 г. улов составил 2,7 тыс. т. Быстрое увеличение интенсивности промысла позволило достигнуть в 1971 г. рекордного для тех лет вылова, равного 91,6 тыс. т. Значительный пресс промысла, совпавший с появлением неурожайных поколений в этом и последующих годах, привел к перелову и сокращению запасов, а как следствие — к быстрому падению годовых уловов. В 1975–1979 гг. специализированный промысел трески был практически прекращен. Ее добывали только в виде прилова на промысле минтая, а годовой вылов колебался в пределах 0,8–1,4 тыс. т. Рост уловов начался с 1980 г. в связи со вступлением в промысел урожайных поколений. Уже в 1984–1993 гг. годовой объем добычи достиг существенных величин, колеблясь в пределах 37,3–58,9 тыс. т. В последующем вновь проявилась тенденция уменьшения годовых уловов при довольно больших межгодовых колебаниях: с 24,7–44,1 тыс. т в 1994–1996 гг. до 18,5–13,8 тыс. т в 2008–2009 гг. [Полутов и др., 1994; Vinnikov, 1996; Терентьев и др., 2006, 2010; Антонов, 2011; Сырьевая база..., 2012].

Рост вылова трески с 1988 по 1992–1993 гг. с 37,25 до 58,86–55,92 тыс. т вызван начавшимся успешным внедрением ярусного способа промысла.

В 1994–1999 гг. вылов колебался в пределах от 20,72 и 24,74 тыс. т в 1998 и 1994 гг. до 44,10 и 29,23 тыс. т в 1996 и 1999 гг.

Если в 2000–2016 гг. годовой вылов в Западно-Берингоморской зоне менялся в пределах 13,81–25,50 тыс. т, то к 2020 г. он вырос до рекордных 101,8 тыс. т. В последующем начался спад, — до 89,8 тыс. т в 2021 г. и до 60,5 тыс. т в 2022 г. Отметим, что в северо-западной части Берингова моря до 2010 г. треска добывалась только в Западно-Берингоморской зоне. В 2010 г. ее начали осваивать промысловым флотом и в Чукотской зоне.

В Чукотской зоне вылов трески был сравнительно небольшим, в 2011–2021 гг. он составлял в среднем 4,6 тыс. т, колеблясь в пределах от 3,0 (2014 г.) до 6,6 тыс. т (2017 г.), притом что в 2022 г. выловлено всего 1,2 тыс. т.

В сумме для всей северо-западной части Берингова моря в текущем столетии минимальный годовой вылов отмечен в 2005–2009 гг. Он составлял 13,82–18,46 тыс. т. Рост уловов начался в 2010 г. с 22,7 тыс. т, к 2016 г. он уже равнялся 30,2 тыс. т, а к 2020 г. достиг рекордных за все время освоения 106,2 тыс. т. В 2021 г. начался обратный процесс — снижение до 89,8 тыс. т и в 2022 г. — до 61,8 тыс. т.

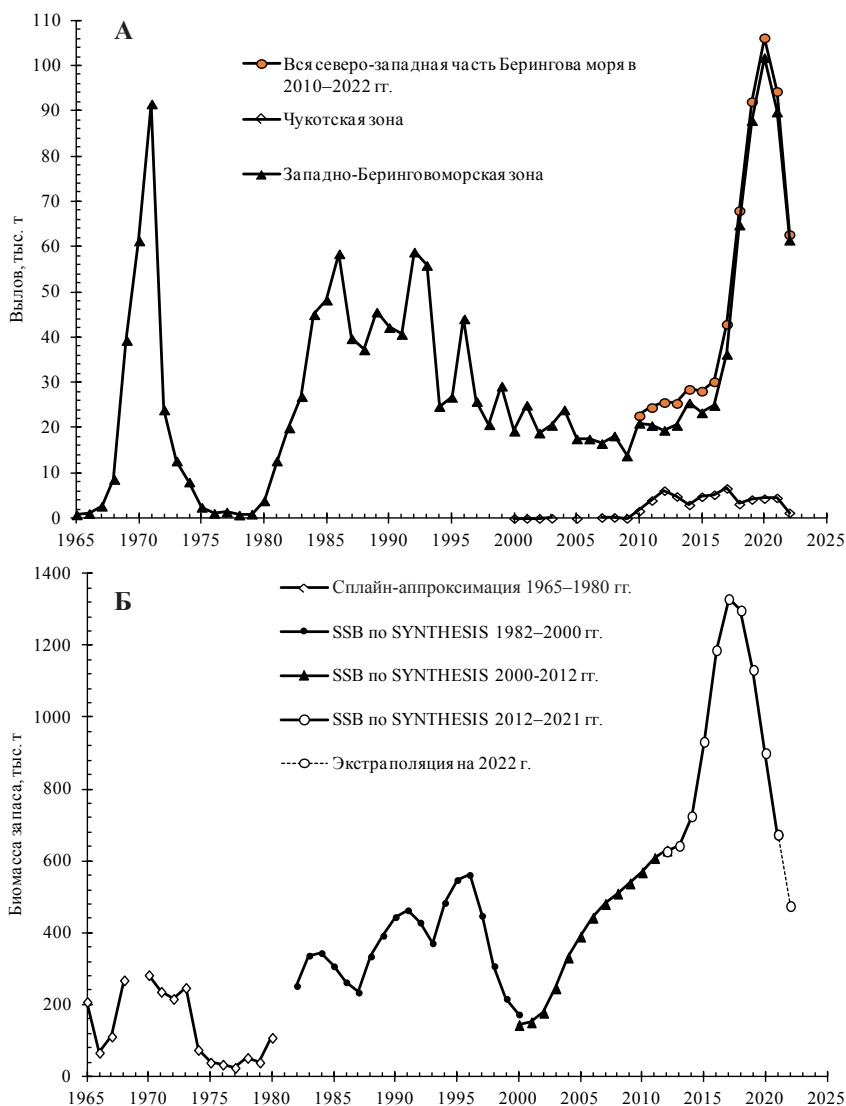


Рис. 4. Динамики вылова (А) и биомассы (Б) трески в северо-западной части Берингова моря в 1965–2022 гг.

Fig. 4. Dynamics of annual catch (A) and biomass (Б) of pacific cod in the northwestern Bering Sea in 1965–2022

В последние десятилетия, начиная с 1998 г., промысел трески ведется самыми разнообразными типами судов — от МРС-150 (малый рыболовный сейнер типа «Нельма») водоизмещением 104 т до супертраулеров типов «Пулковский Меридиан» и «Прометей» водоизмещением около 5700 т.

Орудия лова, с помощью которых добывается треска, также разнообразны. Заметную долю в общем вылове западноберинговоморских рыб занимает треска ярусного, снюрреводного и донного тралового промысла [Золотов, 2021].

Первоначально — со второй половины 1960-х гг. — промысел трески велся только тралями. С началом роста ее запасов в 1980 г. осваивается снюрреводный вид лова с малотоннажных и среднетоннажных судов [Vinnikov, 1996]. Ярусный промысел трески начал внедряться с 1986 г.*

* Обзор промысловой обстановки в Тихоокеанском бассейне за 1986 год. Владивосток: ТУРНИФ, 1987. 256 с.

В Западно-Беринговоморской зоне в 2010–2022 гг. основная доля трески выбиралась ярусами: в среднем 65,9 % годового вылова при ежегодных колебаниях в пределах 58,0–72,1 % (рис. 5). Доля траловой трески в тот же период в среднем составила 21,4 % при колебаниях в пределах 15,4–28,9 %. Доля в вылове донным тралом выросла с 7,0–2,7 % в 2010–2012 гг. до 24,9–16,8 % в 2021–2022 гг. При этом доля разноглубинного трала, наоборот, снизилась с 16,2–12,0 % в 2010–2011 гг. до 3,3–3,2 % в 2021–2022 гг. Снюрреводами выбиралось в среднем 12,7 % вылова при колебании в пределах 10,0–21,1 %. Вылов трески остальными орудиями лова — жаберными сетями, ловушками и т.д. — крайне незначителен и не превышает десятых долей процента.

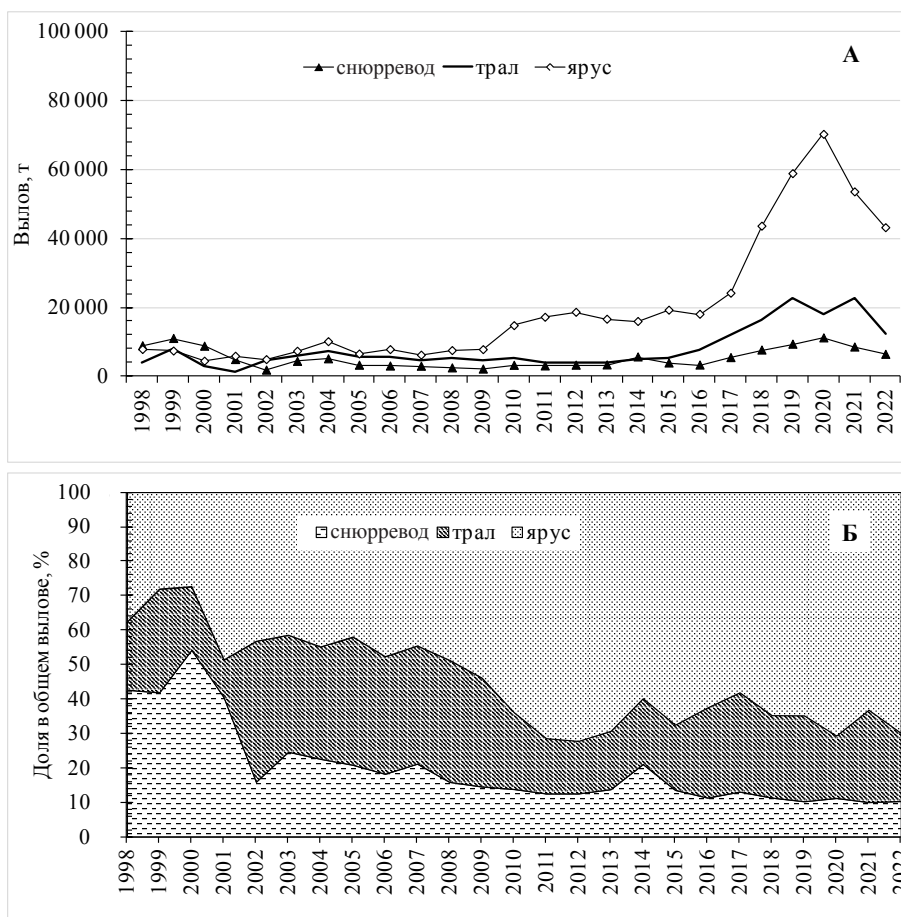


Рис. 5. Динамика вылова трески различными орудиями лова в северо-западной части Берингова моря в 1998–2022 гг.: А — вылов; Б — доля вылова

Fig. 5. Annual catch of pacific cod in the northwestern Bering Sea in 1998–2022, by fishing gears: А — total catch; Б — portion of catch

Лов трески каждым из перечисленных орудий имеет определенные различия по районам и срокам промысла.

Целевой в определении Н.В. Кокорина с соавторами [2010] и круглогодичный промысел трески характерен только для ярусной добычи. Он охватывает почти весь шельф северо-западной части Берингова моря от района мыса Олюторского на северо-восток до мыса Наварин и далее в Анадырский залив к району Чукотского полуострова и Берингова пролива. Среднегодовое за последние пять лет, с 2018 по 2022 г., среднемесячная доля ярусной трески в общем вылове этим орудием меняется в пределах 88,1–96,9 %.

Целевой траловый лов трески ведется только с января по середину мая на внешней части олюторско-наваринского шельфа и верхней части склона — на глубинах обитания

ее скоплений в эти месяцы. Среднеголетняя за последние пять лет среднемесячная с января по апрель доля трески по сравнению со всеми видами в уловах донного трала менялась в 2020–2022 гг. в пределах 49,9–67,3 %, разноглубинного трала в январе и феврале — 21,8–25,5 %. С июня по декабрь добыча трески тралами сравнительно невелика, поскольку она присутствует как прилов на промысле минтая или донных рыб и составляет в указанные годы в уловах донного трала 9,4–49,1 % и разноглубинного — 4,7–8,4 %. В летний период промысляющие эти объекты траулеры заходят в Анадырский залив, но обычно они ведут лов только в его западной части.

Следует отметить, что применение на промысле трески в первой половине года донных тралов и тралов разноглубинных, присаживаемых на грунт, по-видимому, наносит большой ущерб ее стаду. В этот период проходит нерест [Моисеев, 1953; Вершинин, 1987; Савин, 2016] и облову подвергаются преднерестовые и нерестовые концентрации. Как это показано на схеме (рис. 6), в марте 2021 и 2022 гг., в разгар нереста, донный промысел был локализован именно на олюторском, дежневском и наваринском нерестилищах. Кроме того, тихоокеанская треска имеет донную икру [Моисеев, 1953], откладываемую на песчано-галечный грунт и крупные прикрепленные формы донных гидробионтов. Траления в этих местах, по-видимому, нарушают естественный процесс ее инкубации.

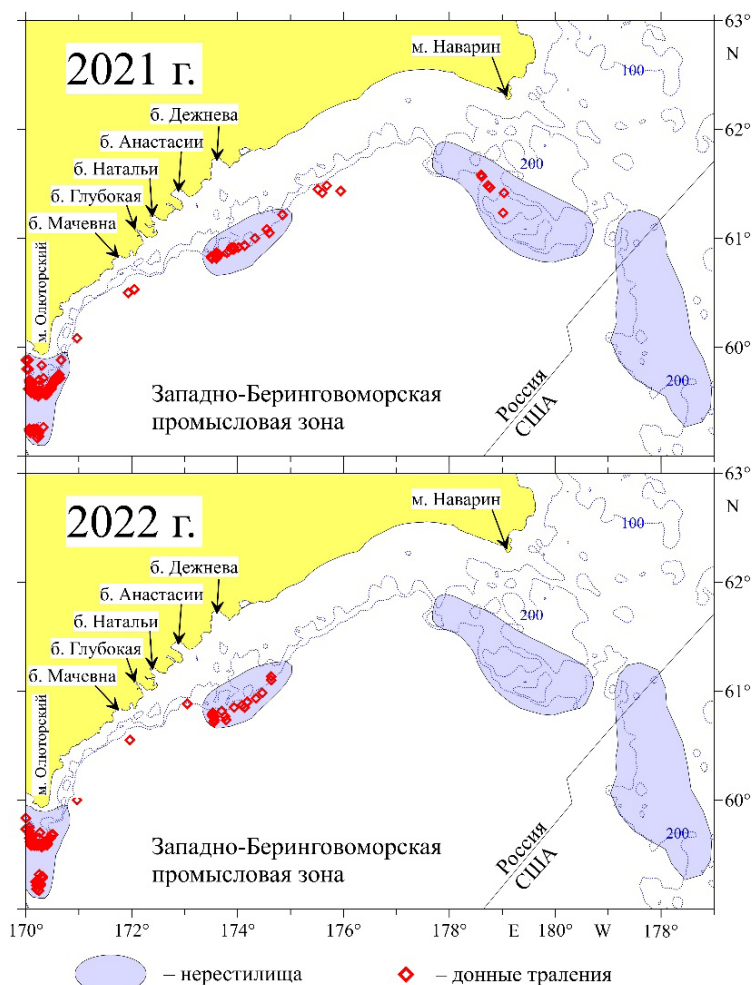


Рис. 6. Распределение донных тралений с уловами трески в марте 2021 и 2022 гг. относительно положения ее нерестилищ в северо-западной части Берингова моря

Fig. 6. Distribution of the bottom trawlings with catches of cod in the northwestern Bering Sea in March of 2021 and 2022 and the cod spawning grounds location

Снюрреводный промысел ведется с мало- и среднетоннажных судов от проектов типа РС-300 водоизмещением около 320 т до МКРТМ водоизмещением около 560 т. Они работают с мая по октябрь, т.е. после схода льда и в период минимальной повторяемости штормов. Промысел ведется у побережья — на внутренней части шельфа от мыса Олюторского до мыса Наварин и далее в Анадырском заливе вдоль его западного берега на север до входа в Анадырский лиман. За последнее пятилетие среднемноголетняя среднемесячная доля трески в общем ее вылове этим орудием менялась в пределах 21,2–44,7 %.

В Чукотской зоне треска промышляется обычно с начала июня по начало декабря ярусами (90,0 % добычи) и тралами (10,0 % добычи). В последние четыре года — с 2019 по 2022 — траловый промысел сведен до минимума при годовом вылове, близком к нулевому. Среднемноголетняя среднемесячная за последнее пятилетие доля трески в ярусных уловах меняется в пределах 65,3–99,5 %. Немногие проведенные траления за этот период показали прилов трески в донных уловах 23,8–100 % и в разноглубинных — 4,0–22,8 %.

Запасы трески в северо-западной части Берингова моря испытывали значительные флюктуации. Среднемноголетний ее запас за 1977–2010 гг., рассчитанный по учетным донным траловым съемкам, составил 450,72 тыс. т [Макрофауна..., 2014]. За 1990–2000 гг. по траловым съемкам он составил 237,0 тыс. т [Антонов, 2011]. По исследованиям Д.А. Терентьева с соавторами [2010] среднегодовой запас трески в 1980-е гг. равнялся 218 тыс. т, в последующее десятилетие — 151 тыс. т и в 2000-е гг. — 169 тыс. т.

Согласно полученным нами результатам расчетов по материалам траловых съемок (см. рис. 4, Б), с 1965 по 1974 г. запас колебался в пределах от 66,46 (1966 г.) до 282,56 тыс. т (1970 г.). Значительная промысловая нагрузка на стадо в 1970–1974 гг. на фоне малочисленности пополнения вызвала перелов трески [Вершинин, 1987; Vinnikov, 1996; Фадеев, 2005; Терентьев и др., 2010], и в 1975–1979 гг. ее запас снизился до 24,50 (1977 г.) — 52,10 тыс. т (1978 г.). С 1980 г., когда он вырос до 108,13 тыс. т, началось постепенное его восстановление.

В период с 1982 по 2000 г. по нашим расчетам методом «SYNTHESIS» отмечались три волны роста SSB: локальные максимумы — 344,04 тыс. т в 1984 г., 463,13 тыс. т в 1991 г. и 561,58 тыс. т в 1996 г. — сменялись локальными минимумами — 234,12 тыс. т в 1987 г., 371,33 тыс. т в 1993 г. и 173,07 тыс. т в 2000 г.

Начиная с 2001 г. происходил рост SSB со 151,36 тыс. т в 2001 г. до 608,75 тыс. т в 2011 г. (рис. 7), а затем и до рекордных 1329,70 тыс. т в 2017 г. В последующие годы последовало быстрое снижение до 673,73 тыс. т в 2021 г. Экстраполируя тенденцию уменьшения запасов трески в 2018–2021 гг. на следующий 2022 г., получаем ориентировочное значение, равное 475 тыс. т.

Сходные тенденции изменчивости оценок запасов получены и по результатам донных траловых съемок. Если в 1999–2002 гг. они колебались в пределах 63,43–110,58 тыс. т, а в 2004–2012 гг. выросли до 314,38–653,75 тыс. т, то с 2015 по 2017 г. произошел их значительный рост, соответственно с 814,33 до 1227,30 тыс. т. Но с 2019 по 2020 и 2021 гг. последовал спад: соответственно с 1107,77 до 598,66 и 270,35 тыс. т.

Расчеты, выполненные по методике Пелла-Томлинсона для периода с 1997 по 2016 г., показали среднемноголетнюю оценку запаса, равную 508,24, при колебаниях в пределах от 306,06 (2001 г.) до 647,64 тыс. т (2004 г.). На рис. 7 отмечено несколько лет сравнительно высоких запасов, что связано с прохождением в промысле урожайных поколений. Так, в 1998–1999 и 2004–2006 гг. они составили соответственно 598,40–595,28 и 647,64–586,56 тыс. т. После небольшого спада биомассы трески к 2007–2008 и до 2015–2016 гг. отмечена тенденция роста — соответственно с 322,89–448,18 до 491,19–540,43 тыс. т.

Данные 2017–2022 гг. в расчетах по Пеллу-Томлинсону не использовали, поскольку из-за вторжения в эти годы значительного количества посторонней — восточноберингоморской — трески корреляция между величиной промыслового усилия и показателем величины улова на единицу промыслового усилия значительно ухудшилась.



Рис. 7. Сравнение динамик показателей, рассчитанных различными методами и характеризующих состояние запасов трески в северо-западной части Берингова моря

Fig. 7. Comparative dynamics of the Pacific stock indices in the northwestern Bering Sea calculated with different methods of assessment

Сходные тенденции наблюдались и с динамикой собственно параметра улова на единицу промыслового усилия. В 1997–1999 и 2004–2006 гг. он был сравнительно высоким, колеблясь в пределах соответственно 7,08–9,60 и 5,52–6,55 т/судо-сутки. Также после спада уловов к 2008 г. и до 2016 и далее к 2019 г. произошел рост уловов соответственно с 4,32 до 8,67 и 13,87 т/судо-сутки. В следующие годы произошло быстрое уменьшение этого показателя: в 2022 г. он составил 7,66 т/судо-сутки.

Сравнивая запасы трески, рассчитанные разными методами, отметим определенное сходство их динамики для SSB по когортному методу со значениями запасов, полученными по траловым съемкам. В обоих случаях наблюдаются сравнительно малые значения на рубеже веков, небольшой рост и некоторая стабилизация для 2004–2012 гг., бурный рост к 2017–2019 гг. и значительное снижение к 2021 г. Подобное сходство может быть объяснено, в свою очередь, сходством используемого набора данных — материалов, полученных при проведении траловых съемок.

Напротив, эти динамики несколько отличались по характеру колебаний от динамик запасов, полученных по Пеллу-Томлинсону, и показателя улова на промысловое усилие. В частности, в отличие от показателей запасов, описанных в предыдущем абзаце, они на рубеже столетий были сравнительно высокими. Тем не менее графики запасов, рассчитанные по съемкам, по Пеллу-Томлинсону, а также показателя улова на единицу промыслового усилия для периода 2004–2013 гг. вышли на определенное плато, при том что значения запасов, рассчитанные тремя описанными способами, оказались схожими.

В последующие годы произошел значительный подъем расчетных значений запасов и уловов трески до рекордных отметок и быстрое их падение. Но максимальный параметр улова на усилие отмечен на два года позже максимального значения SSB. Подобное различие связано с тем, что ярусные уловы — основа годового вылова и состоят из более старших особей, чем особи, облавливаемые исследовательским тралом.

Проведя построение линейной регрессии показателя улова на величину промыслового усилия (Y/f_t) за 2001–2022 гг., выраженного в тоннах на судо-сутки, от расчетных величин биомассы нерестового запаса (SSB_{t+2}), смещенных на два года вперед — за период 1999–2020 гг. — и выраженных в тысячах тонн, получили следующую зависимость:

$$Y/f_t = 0,007818 \cdot SSB_{t+2} + 2,548,$$

где t — индекс года сравнения.

Коэффициент корреляции оказался очень высоким и составил $r = 0,938$ при 22 парах сравнения. Из сказанного можно сделать важный практический вывод. При сохранении или даже увеличении доли ярусной трески в общем ее вылове всеми орудиями лова значения биомасс нерестовых запасов, полученные по материалам донных траловых съемок, будут примерно на два года предвещать складывающуюся на промысле ситуацию с состоянием ее запасов по ярусным съемкам.

Полученная зависимость позволяет сделать вывод о существенном снижении величины улова на усилие в 2023 г., а возможно, и в 2024 гг.

Главной причиной, влияющей на динамику запасов нагульной трески в рассматриваемом секторе Берингова моря, по-видимому, является динамика площади акватории Лаврентьевского холодного пятна (ЛХП). Как сообщалось ранее [Савин, 2021], эти холодные воды создают препятствие для миграций трески с юго-востока моря на северо-запад. Напротив, их малая площадь или даже полное отсутствие не препятствуют нагульным миграциям в этом направлении. Акватория, занимаемая ЛХП, имела минимальные площади в 2018–2019 гг. [Kearney, 2022] — в период высокой численности трески на северо-западе моря. В 2021 г. начался процесс похолодания и площадь ЛХП существенно выросла, а уловы трески снизились.

Размер акватории ЛХП в значительной степени определяется размером сезонной ледовитости моря. Она была экстремально малой в 2018 г., но в следующие годы произошел ее рост и превышение среднемноголетних значений*.

Следующей причиной снижения в последние годы запасов трески, по-видимому, является, как описывалось выше, донный траловый промысел на ее нерестилищах в период нереста. Это делает необходимым внесение в правила рыболовства запрета тралового промысла трески в первой половине года.

По данным В.Г. Вершинина [1987] в 1968–1979 гг. уровень пополнения западноберинговоморского стада трески, рассчитанный в процентах от запаса, колебался от 25 до 91 %, в среднем составляя 56,8 %, из чего исследователь сделал вывод, что основная роль в промысле по численности принадлежит рекрутам.

Динамика пополнения промыслового стада трески рассчитывалась нами по методу Аллена [Allen, 1968]. Следует оговорить, что оно формируется благодаря численности не только созревающих рекрутов, родившихся на нерестилищах северо-западной части Берингова моря, но и мигрантов из восточной части моря.

Пополнения промыслового стада в 2000–2021 гг. менялись с 0,23 (2004 г.) до 0,97 (2018 г.) при среднемноголетнем значении за указанный период, равном 0,76 — в долях от численности промыслового стада, принятого равным единице (рис. 8). С 2012 по 2019 г. отмечено экстремально высокое пополнение — более 0,84, но в 2020 и 2021 гг. произошло существенное его сокращение, соответственно до 0,32 и 0,57 — значений, меньших среднемноголетней величины. Пополнение больше среднемноголетнего отмечалось и в предыдущие годы — 2000–2001, 2005 и 2008–2010, в остальные годы — 2002–2004, 2006–2007 и 2011 — оно было ниже его.

При анализе урожайности поколений трески северо-западной части Берингова моря исходя из динамик численностей младших возрастных групп необходимо учитывать следующее. Во-первых, исходный возрастной состав трески получен летом в период нагула, и, следовательно, в нем присутствуют в том или ином количестве мигранты с востока моря. Вследствие ежегодной изменчивости океанологических условий подобные нагульные миграции восточной трески на западный шельф моря не носят регулярного характера. Выявленное таким образом урожайное поколение в будущем не всегда может проявиться в увеличении промыслового запаса. Во-вторых, пополнение промыслового стада молодью определенного поколения про-

* Басюк Е.О. Гидротермический режим Берингова моря // Крабы–2023 (путинный прогноз). Владивосток: ТИНРО, 2023. С. 9–10.

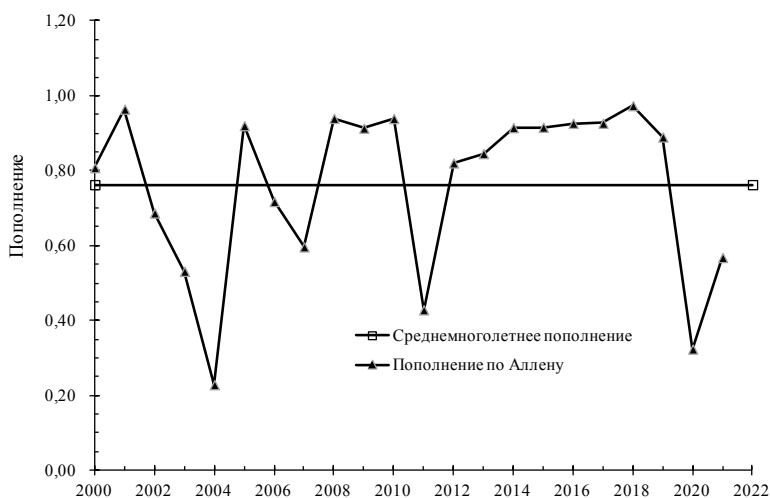


Рис. 8. Динамика пополнения по Аллену [Allen, 1968] промыслового стада трески в северо-западной части Берингова моря в 2000–2022 гг.

Fig. 8. Dynamics of the commercial stock recruitment for pacific cod in the northwestern Bering Sea in 2000–2022, calculated by Allen [1968] method

исходит в течение нескольких лет. Поколение, охарактеризованное как урожайное (средне- или низкоурожайное) на стадии годовиков, может в последующие годы перестать таковым быть.

Средняя численность годовиков в период с 1999 по 2021 г. составила 711,6 млн экз. при среднеквадратичном отклонении 402,4 млн экз., 2-годовики составили соответственно 205,1 при 124,9 млн экз. и 3-годовики — 103,3 при 67,4 млн экз. (рис. 9).

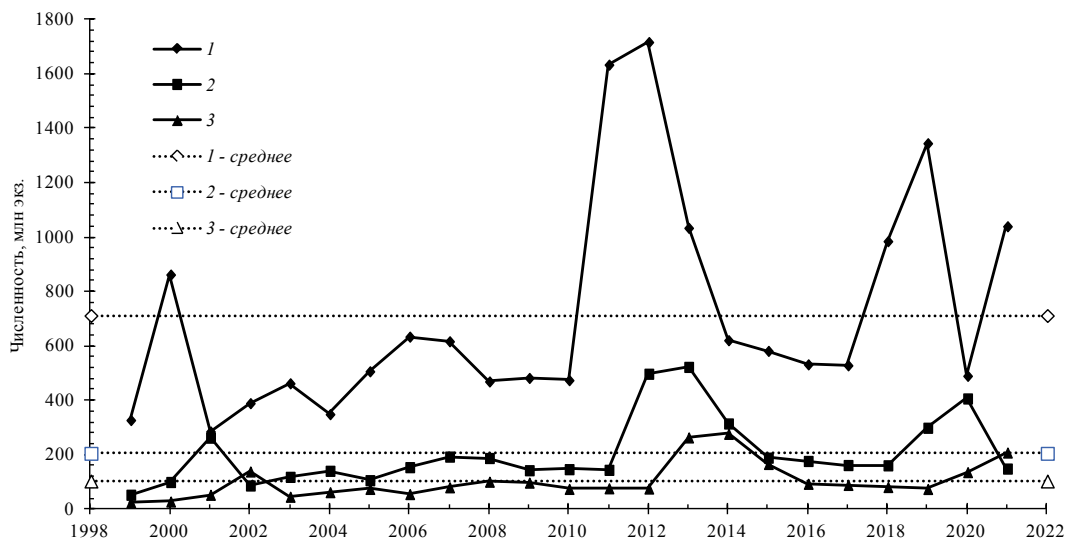


Рис. 9. Численность годовиков (1), 2- (2) и 3-годовиков (3) трески в северо-западной части Берингова моря, рассчитанная по модели «SYNTHESIS»

Fig. 9. Number of yearlings (1), 2-yearlings (2), and 3-yearlings (3) of pacific cod in the northwestern Bering Sea, calculated with the model «SYNTHESIS»

К высокоурожайным нами отнесено поколение 1999 года рождения, которое в 2002 г. было представлено 3-годовиками. В предыдущие годы его численность хотя и была выше средней, но по выбранному критерию не относилась к высокоурожай-

ным. Следующие высокоурожайные поколения рождены в 2010, 2011 и 2012 гг. Они были представлены соответственно годовиками в 2011–2013 гг., 2-годовиками — в 2012–2014 гг. и 3-годовиками — в 2013–2015 гг. Также к урожайным можно отнести поколения 2017 и 2018 годов рождения. Они являлись годовиками в 2018 и 2019 гг., 2-годовиками — в 2019 и 2020 гг. О поколении 2020 года рождения, имевшем высокую численность в 2021 г. в возрасте годовиков, пока еще говорить рано без подтверждения его высокой численности как 2- и 3-годовиков в 2022–2023 гг.

К низкоурожайным поколениям отнесены родившиеся в 1996–1998, 2000–2001 и 2003 гг. и представленные 3-годовиками в 1999–2001, 2003–2004 и 2006 гг. Поколение 2019 года рождения, представленное годовиками в 2020 г., в следующем 2021 г. было среднеурожайным.

К среднеурожайным поколениям отнесены родившиеся в 2004–2009 и 2013–2016, 2022 гг.

Отметим, что в последние годы хотя и были выявлены высокоурожайные поколения, но запасы трески, как было показано выше, продолжили снижаться. Это связано главным образом с начавшимся похолоданием Берингова моря, наступившим в результате увеличения в нем в зимний период ледовитости, из-за чего уменьшился поток мигрантов на нагул с востока моря.

В рамках предосторожного подхода рекомендуется занижать ориентиры по промысловой смертности и завышать граничный ориентир по нерестовой биомассе (B_{lim}) на ошибку, умноженную на критерий Стьюдента [Бабаян, 2000]. Таким образом, ориентиры управления для ПРП представлены по результатам расчетов программы «COMBI 4.0»:

- целевой ориентир по биомассе $B_{tr} = B_{MSY} = 302,6$ тыс. т;
- граничный ориентир по нерестовой биомассе $B_{lim} = B_{Loss} = 24,5$ тыс. т. Взят минимальный из известных значений запас 1977 г.;
- предосторожный ориентир по нерестовой биомассе $B_{pa} = B_{lim} \cdot e^{1,645s} = 27,0$ тыс. т;
- граничный ориентир по МКПС $F_{lim} = F_{Loss} = 0,476$ год⁻¹. Рассчитан по значению МКЕС [Caddy, 1998];
- предосторожный ориентир по МКПС $F_{pa} = F_{lim} \cdot e^{-1,645s} = 0,444$ год⁻¹;
- целевой ориентир по промысловой эксплуатации $F_{tr} = F_{MSY} = 0,320$;
- величина F_0 принята равной нулю.

В вышеприведенных формулах 1,645 — это значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности 95 %-ной логнормальной случайной величины; s — мера неопределенности, выраженная в единицах стандартной ошибки (σ) и полученная в результате 1000 перевыборок (бутстрапа) [см. Бабаян, 2000].

С использованием предосторожных ориентиров управления выводится кусочно-линейное ПРП (рис. 10), из которого следует, что в 1999–2001 гг. при сравнительно небольших запасах трески — меньше целевого ориентира по биомассе — МКПС был хотя и выше значения его целевого ориентира, равняясь 0,262–0,141, но существенно меньше его предосторожного значения. С 2002 г. он снизился до величин, меньших его целевого ориентира для этого участка шкалы запасов. С 2002 по 2005 г. происходило снижение МКПС с 0,123 до 0,046 на фоне роста запасов. К 2004 г. продолжающийся рост запасов превысил целевой ориентир по биомассе. С 2006 по 2017 г. МКПС был сравнительно невысоким, оставаясь в пределах 0,026–0,042. В последующие годы происходит снижение запасов при некотором росте МКПС с 0,054 в 2018 г. до 0,151–0,139 соответственно в 2021–2022 гг.

Таким образом промысловая нагрузка начиная с 2002 г. была умеренной и не превышала целевой МКПС. Однако в ближайшие годы при сохранении тенденции быстрого снижения запасов нагульной трески возможен его быстрый рост и, соответственно, выход за пределы предосторожного ориентира, а возможно, и граничного ориентира.

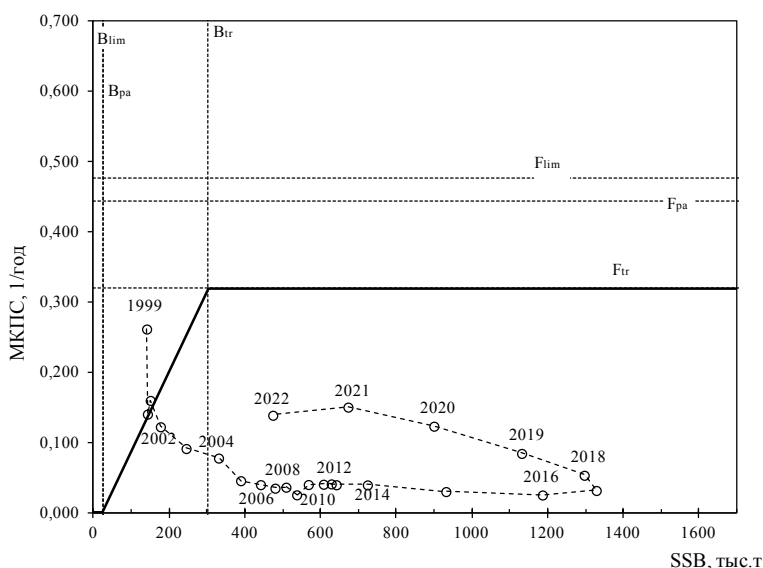


Рис. 10. Правило регулирования промысла трески в северо-западной части Берингова моря с оценкой его реализации в 2015–2022 гг. Пояснения в тексте

Fig. 10. Regulation rule for the cod fishery in the northwestern Bering Sea and its realization in 2015–2022. See explanations in the text

Закключение

Размерно-возрастной состав облавливаемой трески зависит от орудия лова. Среднегодовалая длина трески, пойманной следующими орудиями, составила: снюрреводами — 42,01 см, промысловыми донными тралами — 53,01, промысловыми разноглубинными тралами — 58,15 и ярусами — 61,94 см.

Уловы научного донного трала включают в себя возрастные группы трески от годовиков до 11-годовиков, в редких случаях — 12- и 13-годовиков при модальных группах по численности от 2- до 5-годовиков. Ярусами облавливаются более старшевозрастная треска: от 3- до 12-годовиков при модальной группе по численности, образованной почти всегда 5-годовиками.

Промысловое освоение трески в северо-западной части Берингова моря началось в 1965 г., когда ее годовой вылов составил 0,8 тыс. т. В 1971 г. ее вылов на фоне слабого пополнения достиг весьма значительной для тех лет величины 91,60 тыс. т. К 1976–1979 гг. произошло катастрофическое падение вылова до 0,76–1,42 тыс. т. С 1980 до 1986 г. восстанавливающийся запас позволил увеличить вылов с 3,89 до 58,48 тыс. т. В последующем — с 1991–1992 г. и до 1999–2000 гг. происходило снижение соответственно по годам с 40,66–58,86 до 29,23–19,28 тыс. т.

Краткий период с 1988–1989 до 1992–1993 гг. отмечен ростом вылова соответственно с 37,25–45,59 до 58,86–55,92 тыс. т, произошедшим благодаря успешному внедрению нового для тех лет ярусного способа промысла.

В текущем столетии минимальный годовой вылов отмечен в 2005–2009 гг. Он составлял 13,82–18,46 тыс. т. Рост вылова начался в 2010 г. с 22,7 тыс. т. К 2016 г. он достиг 30,2 тыс. т, а к 2020 г. — рекордных за все время освоения 106,2 тыс. т. В 2021 г. начался обратный процесс — снижение до 89,8 тыс. т и в 2022 г. — до 61,8 тыс. т.

В последние десятилетия промысел трески ведется самыми разнообразными типами судов: от малых рыболовных сейнеров полным водоизмещением 104 т до супертраулеров полным водоизмещением около 5700 т.

Орудия лова, с помощью которых добывается треска, также разнообразны. В Западно-Беринговоморской зоне за период с 2010 по 2022 г. большая ее часть — 65,9 % — добыва-

лась ярусами, 21,4 % — донными и разноглубинными тралами и 12,7 % — снюрреводами. В Чукотской зоне 90 % приходится на яруса и 10 % — на тралы. В последние четыре года траловый вылов трески в указанной зоне сведен до минимума, близкого к нулевому.

Согласно полученным нами результатам расчетов по материалам траловых съемок с 1965 по 1974 г. запас трески колебался в пределах от 66,46 (1966 г.) до 282,56 тыс. т (1970 г.). Значительная промысловая нагрузка на стадо в 1970–1974 гг. на фоне малочисленности пополнения вызвала перелов. В 1975–1979 гг. запас снизился до 24,50 (1977 г.) — 52,10 тыс. т (1978 г.). В 1980 г., когда началось его постепенное восстановление, он вырос до 108,13 тыс. т.

В период с 1982 по 2000 г. отмечались три волны роста SSB: локальные максимумы — 344,04 тыс. т в 1984 г., 463,13 тыс. т в 1991 г. и 561,58 тыс. т в 1996 г. — сменялись локальными минимумами — 234,12 тыс. т в 1987 г., 371,33 тыс. т в 1993 г. и 173,07 тыс. т в 2000 г.

Начиная с 2001 г. происходил рост SSB со 151,36 тыс. т в 2001 г. до 608,75 тыс. т в 2011 г., а затем и до рекордных 1329,70 тыс. т в 2017 г. В последующие годы началось быстрое снижение до 673,73 тыс. т в 2021 г. Экстраполируя тенденцию уменьшения запасов в 2018–2021 гг. на следующий 2022 г., получаем ориентировочное значение, равное 475 тыс. т.

Сходная изменчивость для оценок тралового запаса получена по результатам донных траловых съемок. Если в 1999–2002 гг. он колебался в пределах 63,43–110,58 тыс. т, а в 2004–2012 гг. вырос до 314,38–653,75 тыс. т, то с 2015 по 2017 г. произошел их значительный рост — с 814,33 до 1227,30 тыс. т. Но с 2019 по 2020 и 2021 гг. последовал спад: соответственно с 1107,77 до 598,66 и 270,35 тыс. т.

Изменения расчетного SSB на два года предвещают изменения величины улова на единицу промыслового усилия. Это связано со сравнительно более молодым возрастным составом научных донных траловых уловов, используемых при расчетах запасов, в отличие от возрастного состава промысловых уловов, основная часть которых вылавливается ярусами.

Главной причиной, влияющей на динамику запасов нагульной трески в рассматриваемом секторе Берингова моря, предположительно является изменчивость акватории холодного Лаврентьевского пятна, которое ограничивает распространение скоплений трески на северо-запад моря. При минимальной площади этой акватории треска свободно мигрирует в указанном направлении, а ее значительное развитие создает препятствие этому. В 2016–2019 гг. акватория, занимаемая Лаврентьевским холодным пятном, была не столь велика, и запасы нагульной трески существенно увеличились. В 2020 г. начался процесс похолодания акватории Берингова моря и площадь холодного Лаврентьевского пятна существенно выросла, а запасы трески снизились.

Донный траловый промысел на нерестилищах трески в период нереста, по-видимому, оказывает существенное негативное воздействие на ее запасы.

Начиная с 2002 г. промысловая нагрузка на стадо трески была умеренной, а промысловая смертность не превышала целевой ориентир по промысловой эксплуатации. Однако в ближайшие 3–4 года при сохранении тенденции быстрого снижения ее запасов при сравнительно высокой промысловой нагрузке возможно нарастание мгновенного коэффициента промысловой смертности, значение которого может выйти за пределы не только указанного целевого ориентира, но и граничного ориентира по промысловой смертности.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор глубоко признателен всем коллегам по дальним морским экспедициям, принимавшим участие в сборе материала, использованного в статье.

The author is deeply grateful to all colleagues in marine expeditions who collected the materials used in the study

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsorship

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional and ethical guidelines are implemented. The author declares that he has no conflict of interests.

Список литературы

Антонов Н.П. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел : моногр. — М. : ВНИРО, 2011. — 244 с.

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

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. — М. : ВНИРО, 2018. — 312 с.

Балыкин П.А., Бонк А.А., Золотов А.О., Токранов А.М. Глава 6.3. Морские рыбы // Современное состояние экосистемы западной части Берингова моря. — Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2010. — С. 160–241.

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

Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопр. рыб-ва. — 2003. — Т. 4, № 1(13). — С. 157–170.

Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы : моногр. — Новосибирск : Наука, 1983. — 212 с.

Вершинин В.Г. Биология и промысел анадырско-наваринской трески *Gadus morhua macrocephalus* // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. — Владивосток : ТИНРО, 1976. — Вып. 7. — С. 122–128.

Вершинин В.Г. Биология и промысел трески северо-западной части Тихого океана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. — 21 с.

Вершинин В.Г. О биологии и современном состоянии запасов трески северной части Берингова моря // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. — М. : Наука, 1987. — С. 207–224.

Гордеев В.Д. Результаты работы Берингоморской траловой экспедиции 1950–1952 гг. // Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 41. — С. 253–267.

Датский А.В. Особенности биологии массовых рыб в Олюторско-Наваринском районе и прилегающих водах Берингова моря. 1. Семейство тресковые (GADIDAE) // Вопр. ихтиол. — 2016. — Т. 56, вып. 6. — С. 705–725.

Золотов А.О. Современный специализированный промысел морских рыб в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 1. — С. 76–101. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-76-101.

Кокорин Н.В., Габрюк В.Н., Кокорин В.Н. Словарь морских и рыбохозяйственных терминов и определений. — М. : ВНИРО, 2010. — Т. 2. — 369 с.

Линдберг Г.У., Легеза М.И. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 2 : моногр. — М. ; Л. : Наука, 1965. — 394 с. (Определители по фауне СССР, изд. ЗИН АН СССР, т. 84.)

Макрофауна бентала западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977–2010 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — 803 с.

Моисеев П.А. Треска и камбалы дальневосточных морей : Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.

Напазаков В.В. Трофические связи рыб в донных ихтиоценозах западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 139. — С. 19–42.

Напазаков В.В., Чучукало В.И., Кузнецова Н.А. и др. Питание и некоторые черты экологии тресковых рыб западной части Берингова моря в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 907–928.

Орлов А.М., Савин А.Б., Горбатенко К.М. и др. Биологические исследования в российских дальневосточных и арктических морях в трансарктической экспедиции ВНИРО // Тр. ВНИРО. — 2020. — Т. 181. — С. 102–143. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-181-102-143.

Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. Рыбы морей России: аннотированный каталог. — М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. — 734 с.

Полутов В.И., Котенев Б.Н., Кузнецов В.В. Запасы трески в западной части Берингова моря // Рыб. хоз-во. — 1994. — № 5. — С. 47–48.

Полутов И.А. Давным-давно : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Фиш Рейн Компани, 1995. — 164 с.

Поляков А.В. КартМастер 4.1. Построение и анализ карт распределения запаса. — М. : ВНИРО, 2008. — 183 с.

Савин А.Б. Донные и придонные рыбы верхней части материкового склона востока Охотского моря // Вопр. ихтиол. — 2012. — Т. 52, № 4. — С. 432–445.

Савин А.Б. Методические рекомендации по планированию и проведению учетных донных траловых съемок в Дальневосточном бассейне // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — Вып. 22. — С. 68–78.

Савин А.Б. Нерестилища тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в северо-западной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 187. — С. 48–71. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71.

Савин А.Б. Пространственное распределение, нагульные миграции и динамика запасов трески в Беринговом море : отчет о НИР (годовой) / ТИНРО. № ГР НИОКТР ААА-А19-119031590063-4; Инв. № 28816. — Владивосток, 2021. — 46 с.

Савин А.Б. Распределение и миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в западной части Берингова моря, у побережья восточной Камчатки и в Охотском море // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России. — М. : ВНИРО, 2013. — С. 37–81.

Савин А.Б. Сезонные распределения и миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в Анадырском заливе и прилегающих водах // Вопр. ихтиол. — 2008. — Т. 48, № 5. — С. 639–651.

Сырьевая база российского рыболовства в 2012 году (районы российской юрисдикции) : справочно-аналитические материалы / сост. М.К. Глубоковский, С.Н. Тарасюк, Л.М. Зверькова и др. — М. : ВНИРО, 2012. — 512 с.

Терентьев Д.А., Балькин П.А., Василец П.М. Сообщества морских рыб в условиях интенсивного промысла (на примере западной части Берингова моря) // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 145. — С. 56–74.

Терентьев Д.А., Винников А.В. Анадырско-наваринская треска // Состояние биологических ресурсов северо-западной Пацифики. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2003. — С. 29–30.

Терентьев Д.А., Винников А.В., Золотов А.О., Сергеева Н.П. Промысел и многолетняя динамика запасов тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в прикамчатских водах // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2010. — Вып. 16. — С. 107–116.

Тюрин П.В. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. — 1972. — Т. 71. — С. 71–127.

Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 366 с.

Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 484 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. Глава 1. Рыбообразные и рыбы // Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. — Петропавловск-Камчатский : Камч. печ. двор, 2000. — С. 7–69.

Allen K.R. Simplification of a method of computing recruitment rates // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1968. — Vol. 25. — P. 2701–2702.

Bakkala R.G., Westrheim S., Mishima S. et al. Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — № 42. — P. 111–115.

Caddy J. A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data-poor situations : FAO Fish. Techn. Pap. — Rome : FAO, 1998. — № 379. — 30 p.

Chang Ik Zhang. Pacific Cod Of South Korean Waters // Bull. Int. North Pacific Fish. Com. — 1984. — № 42. — P. 116–129.

Kearney K. 6. Cold Pool // Ecosystem Status Report 2022: Eastern Bering Sea. — Anchorage : North Pacific Fishery Management Council, 2022. — P. 60–63.

Mishima S. Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 180–188.

Vinnikov A.V. Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) of Western Bering Sea // Ecology of Bering Sea: a review of Russian Literature. — Fairbanks : Univ. of Alaska, 1996. — P. 183–202.

References

Antonov, N.P., Commercially harvested species of fish of the Kamchatka Region: biology, stocks and fisheries, Moscow: VNIRO, 2011.

Babayan, V.K., *Predostorozhnyi podkhod k otsenke obshchego dopustimogo ulova (ODU)* (The Precautionary Approach to the Assessment of Total Allowable Catch (TAC)), Moscow: VNIRO, 2000.

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., and Sheremetyev, A.D., *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke zapasov prioritnykh vidov vodnykh biologicheskikh resursov* (Guidelines for assessing stocks of priority types of aquatic biological resources), Moscow: VNIRO, 2018.

Balykin, P.A., Bonk, A.A., Zolotov, A.O. and Tokranov, A.M., Chapter 6.3. Marine fish, in *Sovremennoye sostoyaniye ekosistemy zapadnoy chasti Beringova morya* (Current state of the ecosystem of the Western Bering Sea), Rostov-on-Don: Yuzhn. Nauchn. Tsentr, Ross. Akad. Nauk, 2010, pp. 160–241.

Bizikov, V.A., Goncharov, S.M., and Polyakov, A.V., Geographic Information System “Kart-master”, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 1, pp. 96–99.

Borisovets, E.E., Vdovin, A.N., and Panchenko, V.V., Estimates of sculpin stocks based on the data of trawl surveys in Peter the Great Bay, *Vopr. Rybolov.*, 2003, vol. 4, no. 1(13), pp. 157–170.

Vasilenko, V.A., *Splayn-funktsii: teoriya, algoritmy, programmy* (Spline functions: theory, algorithms, programs), Novosibirsk: Nauka, 1983.

Vershinin, V.G., Biology and fishery of the Anadyrakaya-Navarininskaya cod *Gadus morhua macrocephalus*, in *Issledovaniya po biologii ryb i promyslovoy okeanografii* (Research on fish biology and commercial oceanography), Vladivostok: TINRO, 1976, no. 7, pp. 122–128.

Vershinin, V.G., Biology and fishery of cod in the northwestern part of the Pacific Ocean, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.)*, Vladivostok: Dal’nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1984.

Vershinin, V.G., On the biology and current state of cod stocks in the northern part of the Bering Sea, in *Biologicheskiye resursy Arktiki i Antarkтики* (Biological resources of the Arctic and Antarctic), Moscow: Nauka, 1987, pp. 207–224.

Gordeev, V.D., Results of the work of the Bering Sea trawl expedition in 1950–1952, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1954, vol. 41, pp. 253–267.

Datskiy, A.V., Peculiarities of the biology of mass fish in the Olyutorsko-Navarin region and adjacent waters of the Bering Sea. 1. Cod family (Gadidae), *Vopr. Ikhtiol.*, 2016, vol. 56, no. 6, pp. 705–725.

Zolotov, A.O., Modern specialized fishery of sea fish in the western Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 1, pp. 76–101. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-76-101

Kokorin, N.V., Kokorin, V.N., and Gabriuk, V.I., *Slovar 'morskikh i rybokhozyaystvennykh terminov i opredeleniy* (Dictionary of marine and fishery terms and definitions), Moscow: VNIRO, 2010, vol. 2.

Lindberg, G.U. and Legeza, M.I., *Ryby Yaponskogo morya i sopredel'nykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morei* (Fishes of the Sea of Japan and Adjacent Waters of the Sea of Okhotsk and Yellow Sea), Moscow: Nauka, 1965, part 2. [*Opredeliteli po faune SSSR* (Keys to Fauna of the USSR), Leningrad: Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR, vol. 84.]

Shuntov, V.P., Volvenko, I.V., Kulik, V.V., and Bocharov, L.N., *Makrofauna bentali zapadnoi chasti Beringova morya: tablitsy vstrechaemosti, chislennosti i biomassy. 1977–2010* (Benthic Macrofauna of the Western Part of the Bering Sea: Occurrence, Abundance, and Biomass. 1977–2010), Shuntov, V.P. and Bocharov, L.N., eds, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2014.

Moiseev, P.A., Cod and flounders of the Far Eastern seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1953, vol. 40.

Napazakov, V.V., Trophic linkage in the groundfish community of the western Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 139, pp. 19–42.

Napazakov, V.V., Chuchukalo, V.I., Kuznetsova, N.A., Radchenko, V.I., Slabinsky, A.M., and Nadtochy, V.A., Nutrition and some features of the ecology of cod fish in the western part of the Bering Sea in the summer-autumn period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, pp. 907–928.

Orlov, A.M., Savin, A.B., Gorbatenko, K.M., Benzik, A.N., Morozov, T.B., Rybakov, M.O., Terentiev, D.A., Vedishcheva, E.V., Kurbanov, Yu.K., Nosov, M.A., and Orlova, S.Yu., Biological

studies in the Russian Far eastern and arctic seas in the VNIRO transarctic expedition, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 181, pp. 102–143. doi 10.36038/2307-3497-2020-181-102-143

Parin, H.V., Evseenko, S.A., and Vasil'eva, E.D., *Ryby morey Rossii: annotirovannyi katalog* (Fishes of Russian Seas. Annotated catalogue), Moscow: KMK, 2014.

Polutov, V.I., Kotenev, B.N., and Kuznetsov, V.V., Stocks of cod in the western part of the Bering Sea, *Rybn. Khoz.*, 1994, no. 5, pp. 47–48.

Polutov, I.A., *Davnym-davno* (A long time ago), Petropavlovsk-Kamchatsky: Fish Reyn Kompani, 1995.

Polyakov, A.V., *KartMaster 4.1. Postroyeniye i analiz kart raspredeleniya zapasa* (CartMaster 4.1. Construction and analysis of stock distribution maps), Moscow: VNIRO, 2008.

Savin, A.B., Bottom and bottom fish of the upper part of the continental slope of the east of the Sea of Okhotsk, *Vopr. Ikhtiol.*, 2012, vol. 52, no. 4, pp. 432–445.

Savin, A.B., Methodological recommendations to planning and carrying out the bottom trawl surveys in the Far East basin, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north west part of the Pacific Ocean*, 2011, vol. 22, pp. 68–78.

Savin, A.B., Spawning grounds of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 187, pp. 48–71. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71

Savin, A.B., *Otchet Nauchno-Issled. Rab. "Prostranstvennoye raspredeleniye, nagul'nyye migratsii i dinamika zapasov treski v Beringovom more"* (Res. Rep. "Spatial distribution, feeding migrations and dynamics of cod stocks in the Bering Sea"), Available from TINRO, 2021, Vladivostok, no. GR NIOKTR AAA-A19-119031590063-4; inv. no. 28816.

Savin, A.B., Distribution and migration of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in the western Bering Sea, off eastern Kamchatka and the Sea of Okhotsk, in *Tikhookeanskaya treska dal'nevostochnykh vod Rossii* (Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia), Moscow: VNIRO, 2013, pp. 37–81.

Savin, A.B., Seasonal distribution and migrations of pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in Anadyr Bay and adjacent waters, *J. Ichthyol.*, 2008, vol. 48, no. 8, pp. 610–621.

Glubokovsky, M.K., Tarasyuk, S.N., Zverkova, L.M., Semenyak, L.V., Murzov, N.N., Petrova, N.V., Brazhnik, S.Yu., and Horse, V.A., *Syr'yevaya baza rossiyskogo rybolovstva v 2012 godu (rayony rossiyskoy yurisdiktsii) : spravochno-analiticheskiye materialy* (Raw materials base of Russian fishing in 2012 (areas of Russian jurisdiction): reference and analytical materials), Moscow: VNIRO, 2012.

Terentiev, D.A., Balykin, P.A., and Vasilets, P.M., Fish communities in conditions of active commercial fishing (case of the western Bering Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 145, pp. 56–74.

Terentiev, D.A. and Vinnikov, A.V., Anadyr-Navarin cod, in *Sostoyaniye biologicheskikh resursov severo-zapadnoy Patsifik* (State of the biological resources of the northwestern Pacific), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2003, pp. 29–30.

Terentiev, D.A., Vinnikov, A.V., Zolotov, A.O. and Sergeeva, N.P., Fishery and longterm dynamic stock of pacific cod *Gadus macrocephalus* in waters of Kamchatka, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north west part of the Pacific Ocean*, 2010, vol. 16, pp. 107–116.

Tyurin, P.V., "Normal" curves of the experience and rate of natural mortality of fish as a basis for fisheries regulation, *Izv. Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozer. Rechn. Rybn. Khoz.*, 1972, vol. 71, pp. 71–127.

Fadeev, N.S., *Spravochnik po biologii i promyslu ryb severnoi chasti Tikhogo okeana* (A Reference Book on Biology and Harvesting of Fishes in the Northern Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2005.

Chuchukalo, V.I., *Pitanie i pishchevye otnosheniya nektona i nektobentosa v dal'nevostochnykh moryakh* (Diet and Feeding Interactions among Nekton and Nektobenthos in the Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006.

Sheiko, B.A. and Fedorov, V.V., Chapter 1. Fish-like and fishes, in *Katalog pozvonochnykh Kamchatki i sopredel'nykh morskikh akvatoriy* (Catalog of Kamchatka's vertebrates and adjacent marine areas), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor, 2000, pp. 7–69.

Allen, K.R., Simplification of a method of computing recruitment rates, *J. Fish. Res. Bd Canada*, 1968, vol. 25, pp. 2701–2702.

Bakkala, R.G., Westrheim, S., Mishima, S., Zhang, C., and Brown, E., Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 111–115.

Caddy, J.F., A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in datapoor situations, *FAO Fish. Techn. Pap.*, Rome: FAO, 1998, no. 379.

Chang Ik Zhang, Pacific Cod Of South Korean Waters, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 116–129.

Kearney, K., 6. Cold Pool, in *Ecosystem Status Report 2022: Eastern Bering Sea*, Anchorage: North Pacific Fishery Management Council, 2022, pp. 60–63.

Mishima, S., Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 180–188.

Vinnikov, A.V., Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) of Western Bering Sea, *Ecology of Bering Sea: a review of Russian Literature*, Fairbanks: Univ. of Alaska, 1996, pp. 183–202.

Pravila rybolovstva dlya Dal'nevostochnogo rybokhozyaystvennogo basseyna, utverzhdonnyye soglasno prikazu Ministerstva sel'skogo khozyaystva RF ot 6 maya 2022 g. № 285 «Ob utverzhdenii pravil rybolovstva dlya Dal'nevostochnogo rybokhozyaystvennogo basseyna» (Fishing rules for the Far Eastern fishery basin, approved in accordance with the order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 6, 2022 No. 285 “On approval of the fishing rules for the Far Eastern fishery basin”), Moscow, 2022.

Obzor promyslovoy obstanovki v Tikhookeanskom basseyne za 1986 god (Review of the fishing situation in the Pacific basin for 1986), Vladivostok: TURNIF, 1987.

Basyuk, E.O., Hydrothermal regime of the Bering Sea, in *Kraby–2023 (putinnyy prognoz)* (Crabs–2023 (Putin’s forecast)), Vladivostok: TINRO, 2023, pp. 9–10.

Поступила в редакцию 12.05.2023 г.

После доработки 14.06.2023 г.

Принята к публикации 4.09.2023 г.

*The article was submitted 12.05.2023; approved after reviewing 14.06.2023;
accepted for publication 4.09.2023*