МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
(ФГБНУ «ВНИРО»)

МАТЕРИАЛЫ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА В РАЙОНЕ ДОБЫЧИ (ВЫЛОВА) ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВО ВНУТРЕННИХ МОРСКИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ МОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КАСПИЙСКОМ МОРЕ НА 2027 ГОД

(с оценкой воздействия на окружающую среду)

Часть 2. Рыбы Дальневосточных морей

Том I

Разработаны:
ФГБНУ «ВНИРО»

Директор ФГБНУ «ВНИРО»

К.В. Колончин

_____ 2026 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Федеральное агентство по рыболовству

Заместитель руководителя

В.И. Соколов

15 мая 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

МИНТАЙ (*Theragra chalcogramma*) 4

Зона Чукотское море 4

67.01 - Зона Чукотская 17

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская 17

61.02 - Зона Восточно-Камчатская 41

61.02.1 - Карагинская подзона 41

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона 70

61.03 - Зона Северо-Курильская 70

61.04 - Зона Южно-Курильская 104

61.05 - Зона Охотское море 118

61.05.1. - Северо-Охотоморская подзона 118

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона 118

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона 118

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона 157

61.06 - Зона Японское море 180

61.06.1 - подзона Приморье 180

61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона 195

ТРЕСКА (*Gadus macrocephalus*) 220

67.01 - Зона Чукотская 220

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская 220

61.02 - Зона Восточно-Камчатская 240

61.02.1 - Карагинская подзона 240

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона 262

61.03 - Зона Северо-Курильская 287

61.04 - Зона Южно-Курильская 306

61.05 - Зона Охотское море 339

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона 339

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона..... 339
61.06 – Зона Японское море..... 365
61.06.1 - подзона Приморье..... 365
61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона..... 387

НАВАГА (*Eleginus gracilis*) 406

67.01 - Зона Чукотская 406
61.02 - Зона Восточно-Камчатская 410
61.02.1 - Карагинская подзона 410
61.04 - Зона Южно-Курильская..... 427
61.05 - Зона Охотское море 436
61.05.2 - Западно-Камчатская подзона..... 436
61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона..... 436
61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона..... 459

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 475

МИНТАЙ (*Theragra chalcogramma*)

Зона Чукотское море

Исполнитель: Е.Е. Овсянников («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов, определения ОДУ минтая в Чукотском море на 2027 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Данные по оценке ресурсов минтая в Чукотском море, полученные при проведении научно-исследовательских донных траловых съемок в августе-сентябре 2018-2020 и 2024 гг. В сравнительном плане использованы материалы научно-исследовательских траловых съемок 1997, 2003, 2007, 2008, 2010, 2014 гг.;
2. Данные о размерном составе промысловых уловов минтая в Чукотском море были собраны на в 2021-2022 гг. на БМРТ «Юго-Восток» и «Юго-Восток-1», в 2024 г. на БМРТ «Александр Беляков» и «Сивинд-1»;
3. Сведения о вылове по данным судовых суточных донесений (ССД) и оперативной отчетности предприятий (ООП) отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) за 2021-2025 гг. Для доступа к ОСМ и обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Минимальные требования к составу информации соответствуют III уровню информационного обеспечения (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка величины запасов минтая в Чукотском море выполнена по материалам научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2020 и 2024 гг. Траления осуществлялись 27.1/24.4-метровым донным тралом типа ДТ/ТВ. Разбор уловов и обработку первичной информации осуществляли по стандартным методикам, принятым в «ТИНРО». Обработку биостатистических данных выполняли в программе Microsoft Excel 2003. Построение карт пространственного распределения (экз./км² и кг/км²) осуществляли методами: сплайн-аппроксимации и полигонов (диаграмм) Вороного в GIS Surfer и ГИС «КартМастер» ver. 4.1 [Столяренко, Иванов, 1988; Бизиков и др., 2006]. Расчеты биомассы выполняли в ГИС «КартМастер» ver. 4.1 методом полигонов (диаграмм) Вороного [Препарата, Шеймос, 1989; Борисовец, Надточий, 2003].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

<u>*Состояние запаса.*</u> В арктических морях России, к которым относится и Чукотское море, целенаправленных и планомерных исследований морских

биоресурсов во второй половине XX-го и в начале текущего веков не проводилось. Тем не менее, ряд выполненных российскими и американскими научно-исследовательскими судами траловых съемок позволил в общем плане оценить ситуацию с ресурсами минтая в южной части Чукотского моря. По данным Volotira et al. [1977] в середине 1970-х гг. здесь в сколь либо значимом количестве минтая не отмечалось. В траловых уловах в небольшом числе фиксировались лишь сеголетки минтая, относительно происхождения которых, был сделан однозначный вывод о том, что они были вынесены в Чукотское море через Берингов пролив с мест воспроизводства в восточной части Берингова моря.

В начале текущего столетия в Чукотском море «ТИНРО» в отдельные годы выполнялись научно-исследовательские экспедиции (1997, 2003, 2007, 2008, 2010, 2014, 2018-2020 гг., 2024 г.), направленные, в том числе на оценку перспектив промыслового использования биоресурсов данного района, что позволяет дать краткую характеристику величины запасов основных промысловых видов и, в частности, минтая. Наличие пассивно переносимых мелкоразмерных рыб (сеголеток) может быть объяснено генеральным направлением течений вод, выходящих из Берингова моря в Чукотское через Берингов пролив. Например, по результатам съемки НИС «ТИНРО» в сентябре–октябре 2003 г. в северной части Берингова пролива плотность распределения сеголетков минтая достигала 1-10 млн экз./км^2. Причина появления крупноразмерного старшевозрастного минтая в южной части Чукотского моря остается пока неясной. По всей видимости, основной причиной такого перераспределения явилось не только изменение термики вод, но и изменение пространственного распределения и численности кормового планктона с соответствующим уменьшением его в восточной части и увеличением в северо-западной частях Берингова моря.

По данным донной съемки летом 2018 г. НИС «ТИНРО» на двух относительно небольших по площади полигонах (рис. 1), в отличие от результатов траловых съемок НИС «Профессор Кизеветтер», проведенных в пелагиали и придонных горизонтах Чукотского моря в летне-осенний период 2014 г., когда минтай встречался единично, встречаемость минтая для рыб длиной менее 17 см составила 66,7%, а для рыб длиной более 17 см – 77,8%.

Наибольшие уловы минтая длиной менее 17 см зафиксированы на южном полигоне исследований (на участке с придонной температурой 4,0-4,5°С), где максимальная расчетная плотность его распределения составила 96,59 тыс. экз./км^2. Минтай длиной более 17 см облавливался преимущественно в юго-западной части Чукотского моря, при этом максимальный улов составил 218 экз. (или 269 кг) в пересчете на часовое траление. Средняя расчетная плотность распределения на южном полигоне составила 1,4 тыс. экз./км^2 (в весовом выражении – 2,04 т/км^2), на северном – 0,1 тыс. экз./км^2 (0,006 т/км^2), а на всей обследованной акватории – 0,68 тыс. экз./км^2, или 0,91 т/км^2.

На южном полигоне размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 5-23 см (сеголетки, двух- и трехлетки) и 45-80 см.

Среднеразмерный минтай в уловах отсутствовал полностью. На модальные классы 6-8 и 12-14 см приходилось по численности 47,9 и 22,7% соответственно. Минтай длиной от 54 см и более составлял 13,3%.

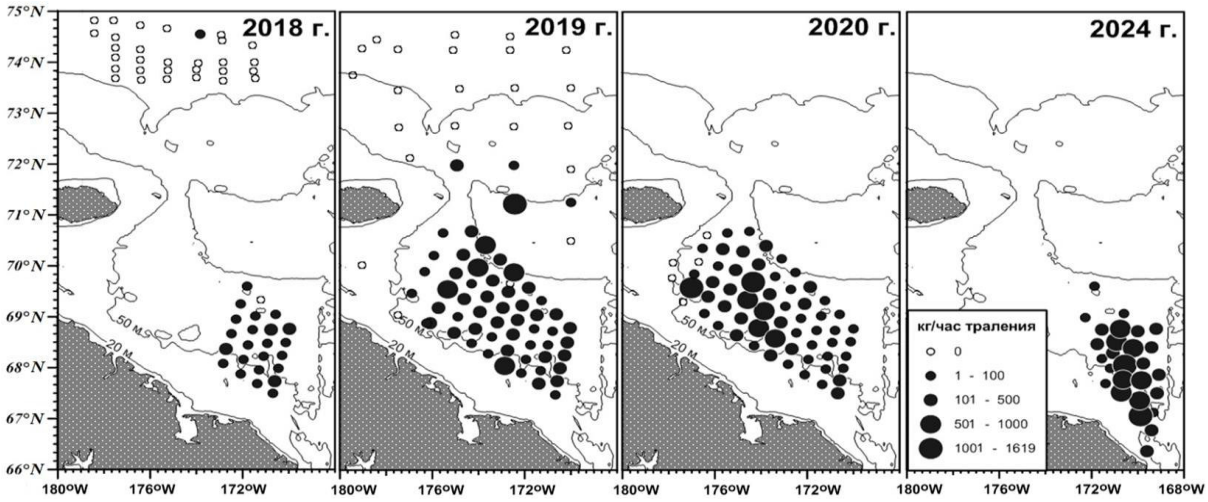


Рис. 1. Распределение минтая в Чукотском море по результатам научно-исследовательских донных съемок в летне-осенний период 2018-2024 гг.

На северном полигоне исследований размерный ряд в уловах был компактным и представлен исключительно минтаем длиной до 32 см. Модальные классы 9-12 см (0+ лет) и 16-19 см (1+ лет) составляли по численности 42,2 и 30,6% соответственно. В целом, на обследованной акватории летом 2018 г. наблюдалось две модальных группы минтая: рыбы длиной 5-21 см (сеголетки, одно- и двухлетки) и рыбы длиной свыше 43 см (возрастом от 6-ти лет и старше), средняя длина рыб первой модальной группы составила 5,0 см, второй – 58,4 см (рис. 2).

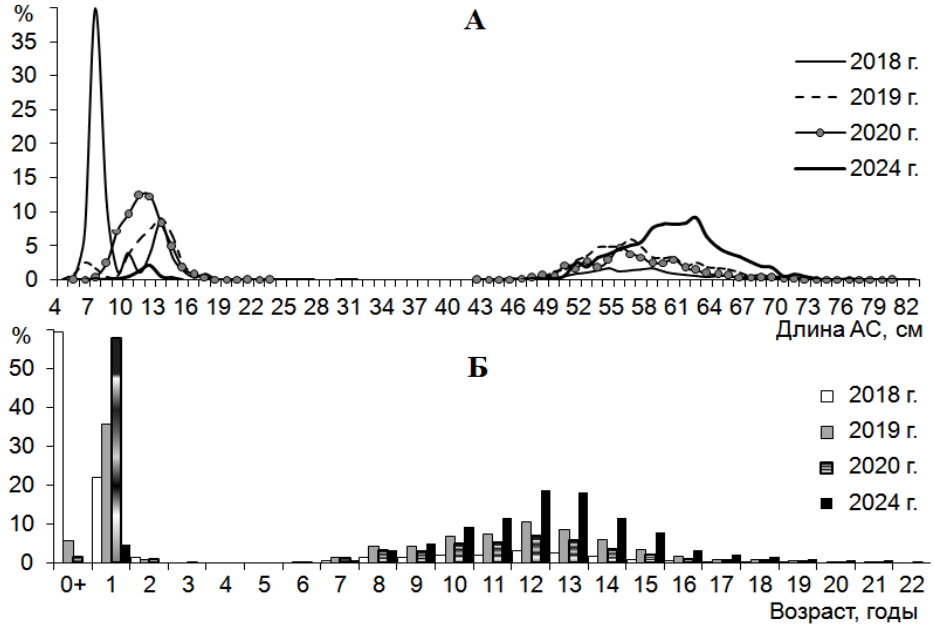


Рис. 2. Размерный (А) и возрастной (Б) составы минтая по результатам донных тралений в Чукотском море летом 2018-2020 и 2024 гг.

Расчетная численность минтая на южном полигоне составила 125,28 млн экз., биомасса – 32,27 тыс. т ($К_У$=0,1-0,4); 96,1% по биомассе приходилось на рыб длиной более 50 см. На северном полигоне запасы минтая при указанных $К_У$ составили 6,46 млн экз. или 0,18 тыс. т.

Общая оценка запасов минтая на полигонах Чукотского моря по материалам донной съемки 2018 г. составила 131,74 млн экз. или 32,45 тыс. т. Отметим, что в 2018 г. из-за ограничений в сроках съемки обследована не вся свободная ото льдов акватория Чукотского моря, поэтому полученная оценка ресурсов минтая может быть несколько занижена.

В то же время, при исследованиях 2014 г. минтай в траловых уловах в Чукотском море практически отсутствовал. В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что потепление Берингова моря, наблюдающееся с 2015 г., оказало отепляющее воздействие и на водные массы южной части Чукотского моря, что определило, в том числе, вынос зоопланктона (основных объектов питания минтая) и, как следствие, расширение ареала минтая в северном направлении. Из-за нерегулярности исследований, данных по гидрологии Чукотского моря недостаточно для рассмотрения межгодовой динамики термического режима вод и, соответственно, динамики обилия минтая в данном районе. Отметим, что при сравнении полученных в 2003 г. материалов с данными донной траловой съемки, выполненной СРТМ «Шурша» в 1997 г., сделан вывод, что теплосодержание в южной части Чукотского моря в 2003 г. во всем слое (от поверхности до дна) было пониженным. Аномально высокие температуры водной толщи в рассматриваемом районе были в 2007 г., когда наблюдался усиленный заток беринговоморских вод. В 2008 г. в восточной части Чукотского моря температура в придонных горизонтах не превышала 2-2,5°С. Несмотря на межгодовые различия термики вод, ни в один из указанных годов крупноразмерного старшевозрастного минтая в юго-западной части Чукотского моря в таком количестве, как в 2018 г. обнаружено не было. За прошедшие годы максимальные оценки запаса минтая длиной более 17 см, были получены в 2008 г. – 0,09 млн экз., или 0,07 тыс. т.

С другой стороны, в 2018 г. учеными США отмечена передислокация части запаса восточноберинговоморской популяции минтая из восточного сектора Берингова моря в северную часть моря, в район между о-вом Св. Лаврентия и Беринговым проливом (т.н. бассейн Чирикова), что связывается с потеплением вод и усиленным таянием льда в летний период. Траловая съемка, проведенная в 2018 г. судами НОАА (США), показала снижение биомассы минтая (как придонной составляющей, так и пелагической) в юго-восточной части Берингова моря. Одновременно в северной части Берингова моря (в границах ИЭЗ США) наблюдалось увеличение биомассы данного вида до 1 млн т. Наиболее плотные скопления выявлены в бассейне Чирикова (рис. 3). Вероятнее всего, минтай, обнаруженный в ходе донной траловой съемки НИС «ТИНРО» в юго-западной части Чукотского моря в первой декаде сентября 2018 г., является частью (продолжением) этих скоплений.

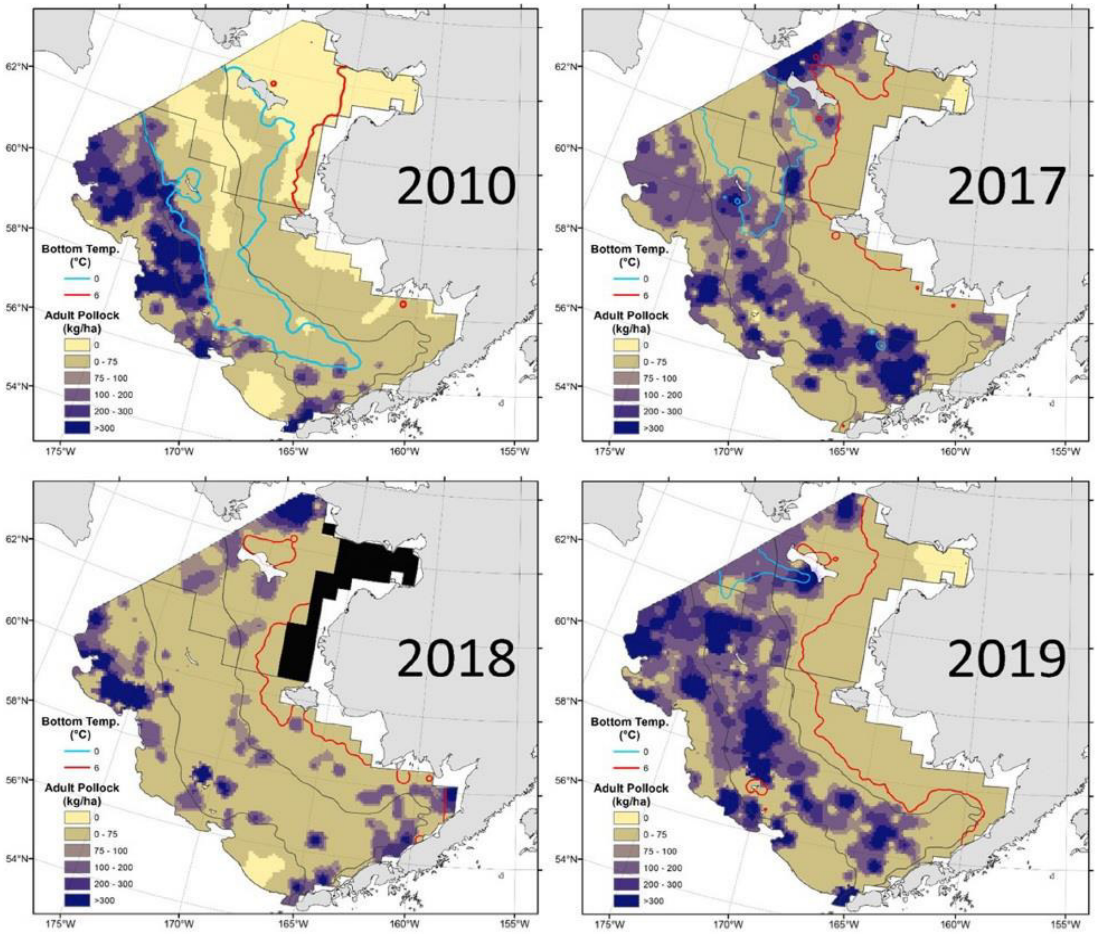


Рис. 3. Распределение минтая по данным донных траловых съемок, выполненных американскими траулерами в восточной части Берингова моря летом 2010 г. и 2017-2019 гг.

По данным донной съемки, выполненной в 2019 г. НИС «ТИНРО» на двух полигонах в Чукотском море (рис. 1), встречаемость взрослых особей минтая на южном полигоне достигала 94,6%, а сеголеток – 66,1%, на северном полигоне взрослый минтай наблюдался только в нескольких тралениях (встречаемость 25,0%), а сеголетки здесь встречались чаще – 54,1%. Распределение минтая на обследованной акватории в этот год исследований было неравномерно. Основные скопления взрослого минтая (длиной более 17 см) наблюдались в центральной части южного полигона при донной температуре +2ºС, максимальные уловы составляли 38,1 тыс. экз./км^2 (44 т/км^2). Молодь минтая (длиной менее 17 см) в основном концентрировалась в северной части южного полигона. Её максимальные уловы здесь достигали 22,4 тыс. экз./км^2.

Размерный ряд минтая в Чукотском море в 2019 г. был представлен двумя группами длиной: 5-30 и 45-80 см (рис. 2). По численности абсолютно доминировал (83% от численности) минтай длиной свыше 50 см, его средний размер составил 57,4 см, средняя масса – 1,373 кг. Средневозрастной минтай, составляющий ближнее пополнение (3-4 годовики), отсутствовал, что свидетельствует о том, что минтай, обнаруженный в Чукотском море, мигрировал сюда через Берингов пролив из северной части Берингова моря.

По оценкам специалистов ЦИ ФГБНУ «ВНИРО» численность взрослого минтая в 2019 г. в Чукотском море оценена в 547,1 млн экз., а численность молоди – 389,7 млн экз. Полученные в 2019 г. оценки ресурсов минтая в Чукотском море значительно превышают оценки 2018 г. – по численности в 7 раз, а по биомассе – почти в 28 раз (табл. 1).

Таблица 1

Численность и биомасса минтая в Чукотском море по данным научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2020 и 2024 гг.

	2018		**2019****		**2020**		**2024**	
	Численность, млн экз.	**Биомасса, тыс. т**	**Численность, млн экз.**	**Биомасса, тыс. т**	**Численность, млн экз.**	**Биомасса, тыс. т**	**Численность, млн экз.**	**Биомасса, тыс. т**
Крупный $К_у$-0,4	23,1	31,6	547,1	890,0	276,7	364,7	194,9	283,3
Молодь $К_у$-0,1	108,6	0,85	389,7	6,8	417,9	5,0	9,7	0,1
Сумма	131,7	32,45	936,8	896,8	694,5	369,7	204,6	283,4
Обследованная площадь, тыс. км^2	35,7/**15,7***		229,2/**58,1***		**59,7***		**49,1***	
Число тралений	38		80		62		46	

*Примечание: * - площадь южного полигона, ** - оценки численности и биомассы минтая*

По данным ученых США, летом 2019 г. существенные скопления восточноберинговоморского минтая снова обнаружены перед Беринговым проливом, в бассейне Чирикова (рис. 3). В то же время, в восточной части Берингова моря, летом 2019 г. распределение минтая по данным донной траловой съемки Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC), значительно отличалось от его распределения в 2017 и 2018 гг. В 2019 г. скопления минтая в придонном слое были относительно равномерно распределены от юго-восточной части Берингова моря до северо-западной, при этом его наибольшая численность была отмечена в северо-западной части моря (рис. 3). В юго-восточной части моря минтай был распространен большей частью на среднем шельфе, в северо-западной в средней, нижней части шельфа и в верхней части континентального склона. В мелководной, прибрежной части шельфа, где летом 2019 г. отмечался сильный прогрев вод, численность минтая была очень небольшой. Сопоставляя распределение минтая в восточной части Берингова моря в 2018 и 2019 гг., можно заключить, что в 2018 г. миграция минтая в сторону Берингова пролив шла в основном по восточной части моря по прибрежному мелководному шельфу, а в 2019 г. – по среднему и нижнему шельфу, в том числе через российские воды северо-западной части моря.

Исследования в Чукотском море в 2018-2019 гг. показали, что минтай промысловых размеров встречается только в южной части моря, а в северной части распределяется молодь длиной до 15-17 см. Исходя из исследований этих двух лет, выделен полигон для оценки промыслового запаса минтая в

Чукотском море. В 2020 г. научно-исследовательская донная траловая съемка на НИС «ТИНРО» выполнена только на этом – южном полигоне.

В 2020 г. на южном полигоне наиболее плотные концентрации минтая наблюдались в центральной, восточной и западной частях, при температуре придонного слоя от +2,0 до +2,5°С (рис. 1). Некоторые существенные уловы сеголеток и годовиков минтая получены в водах с температурой близкой к 0°С. Размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 6-22 см (сеголетки, одно и двухлетки) и 43-79 см (от 5 лет и старше). Средняя длина рыб первой модальной группы составила 10,9 см, второй – 56,0 см.

Как и в прошлые годы исследований в уловах полностью отсутствовал среднеразмерный, средневозрастной минтай (рис. 2). По результатам донной траловой съемки 2020 г. численность минтая на южном полигоне оценена в 694,5 млн экз., биомасса – 369,7 тыс. т (табл. 1), при этом 96% по биомассе приходилось на рыб длиной более 50 см.

В целом, как показывают наблюдения, в 2018-2020 гг. в южной части Чукотского моря отмечался рост средней плотности скоплений минтая (рис. 4).

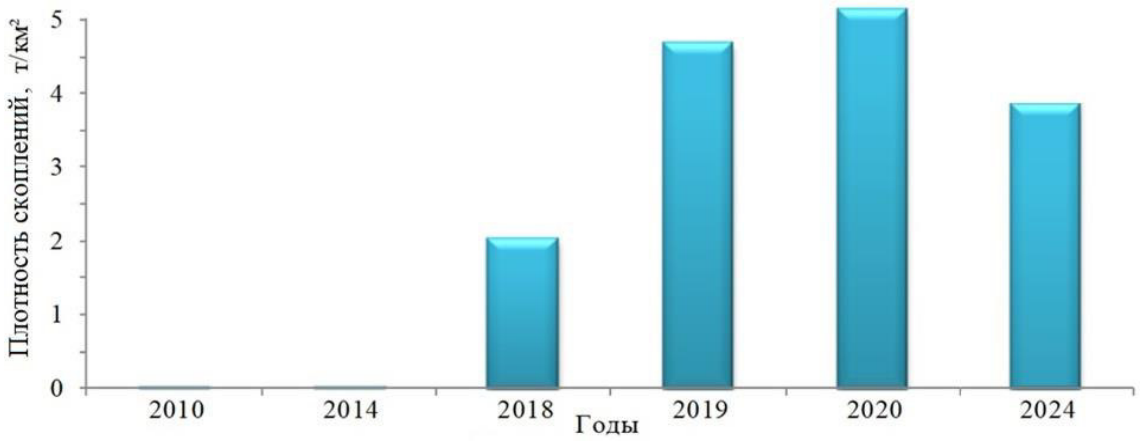


Рис. 4. Динамика средней плотности скоплений минтая в южной части Чукотского моря в 2010-2024 гг.

В 2021-2023 гг. научно-исследовательские траловые съемки в Чукотском море не выполнялись.

В 2024 г., в конце августа - начале сентября, при проведении донной траловой съемки, в отличие от 2018-2020 гг. существенная часть южного полигона была закрыта тяжелыми льдами, и концентрации минтая наблюдались вдоль ледовой кромки до 70° с.ш. при температуре придонного слоя от +2,0 до +3,0°С (рис. 1). Размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 7-17 см (сеголетки и однолетки) и 47-81 см (от 5 лет и старше). Средняя длина рыб первой модальной группы составила 11,5 см, второй – 60,0 см. В отличие от исследований 2018-2020 гг., в 2024 г. доля первой модальной группы была крайне мала и составляла 4,7% от численности всех рыб. Как и раньше в уловах полностью отсутствовал среднеразмерный, средневозрастной минтай (рис. 2). По результатам донной

траловой съемки 2024 г. численность минтая на южном полигоне оценена в 204,6 млн экз., биомасса – 283,4 тыс. т (табл. 1), при этом 82% по биомассе приходилось на рыб длиной от 53 см до 66 см.

При подготовке прогноза ОДУ минтая на 2027 г. исходили из того, что достаточно точно предсказать объемы миграции этого вида в Чукотское море в настоящее время невозможно. Тем не менее, результаты научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2024 гг. позволили оконтурить промысловые скопления минтая, которые были обнаружены только на южном полигоне, и экспертно оценить их биомассу. Согласно наших, оценок в 2018 г. из-за небольшой обследованной площади на юге Чукотского моря биомасса минтая была недоучтена. Оценки биомассы, приведенные в публикации «Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море» [2019] существенно завышены. По нашим оценкам, в летне-осенний период 2019 г. исходя из средней плотности скоплений, приведенной на рисунке 4 и обследованной площади южного полигона биомасса производителей не должна была превышать 278,8 тыс. т. Учитывая, что в 2018 г. половозрелый минтай в Чукотском море был недоучтен, его биомасса была пересчитана исходя из стандартной площади южного полигона (58,1 тыс. км^2) и составила 120,2 тыс. т. Для 2020 г. и 2024 г. были приняты оценки биомассы по результатам донных съемок, т.к. при этих исследованиях удалось почти полностью оконтурить скопления половозрелого минтая.

Таким образом, по нашим оценкам в летне-осенний период в Чукотском море на южном полигоне промысловая биомасса минтая могла составлять: в 2018 г. – 120,2 тыс. т, в 2019 г. – 278,8 тыс. т, в 2020 г. – 364,7 тыс. т, в 2024 г. – 283,4 тыс. т, что в среднем составляет 262 тыс. т.

Состояние промысла. В 2021 г. в Чукотском море впервые организован специализированный промысел минтая, его годовой вылов составил 4,134 тыс. т, освоение ОДУ – 11,1% (табл. 2). Промысел минтая в этом районе в 2021 г. проходил в период с 20 августа по 15 октября (57 суток), изобаты 39-54 м (рис. 5). На промысел выставлено два крупнотоннажных судна (КТФ) и одно средненнотажное (СТФ), лов минтая осуществлялся разноглубинными тралами. У судов КТФ суточные уловы колебались в пределах от 2 до 137 т, составляя в среднем за сутки 57,5 т. У среднетоннажного судна суточный вылов изменялся в пределах от 3 до 74 т, составляя в среднем за сутки 36,0 т.

Как показали наблюдения за динамикой промысла минтая в Чукотском море, наиболее результативным для промысла минтая был период с 28 сентября по 09 октября, когда суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне выше 100 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 84 т, а на СТФ – 53 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 2 тыс. т, что составляет 45% от всего вылова за период промысла.

В 2022 г. специализированный промысел минтая проходил в период с 19 августа по 01 ноября (75 суток), изобаты 30-52 м (рис. 5). Годовой вылов составил 18,586 тыс. т, освоение ОДУ – 50,0%. На промысел выставлено два

крупнотоннажных судна и четыре среднетоннажных, лов минтая осуществлялся разноглубинными тралами.

Таблица 2

ОДУ, вылов и освоение минтая в Чукотском море в 2020-2025 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2020	68,0	-	-
2021	37,2	4,134	11,1
2022	37,2	18,586	50,0
2023	31,9	19,669	61,7
2024	30,6	16,319	53,3
2025	30,6	4,475	14,6

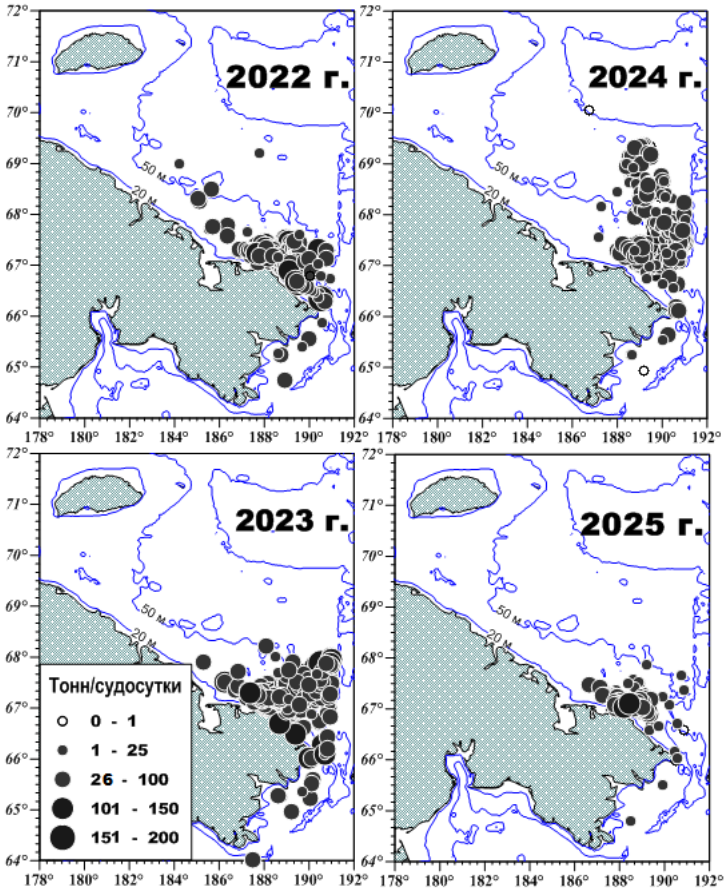


Рис. 5. Дислокация и уловы судов на промысле минтая в Чукотском море в 2022-2025 гг.

У судов КТФ суточные уловы колебались в пределах 3-136 т, составляя в среднем за сутки 62,0 т. У среднетоннажного судна суточный вылов изменялся в пределах от 3 до 172 т, (в среднем 70,7 т). Наиболее результативным для промысла был период с 24 августа по 17 сентября, суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне свыше 300 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 75 т, а на СТФ - 73 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 9,7 тыс. т, что составляет 52% от всего вылова за период промысла.

В 2023 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 22 июля по 02 ноября (97 суток), изобаты 31-57 м (рис. 5). Годовой вылов составил 19,669 тыс. т, освоение ОДУ – 61,7%. На промысел выставлено три крупнотоннажных судна и пять среднетоннажных. Суда КТФ и два судна СТФ ловили минтай разноглубинными тралами, со средним суточным выловом, соответственно 51,7 и 65,3 т. Два судна СТФ добывали минтай снюрреводами со средним суточным выловом 68,4 т. Наиболее результативный промысла минтая в 2023 г. приходился практически на тот же период, что и годом ранее (с 25 августа по 16 сентября), суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне свыше 300 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 64 т, а на СТФ – 70 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 8,3 тыс. т, что составляет 42% от всего вылова за период промысла. Еще один период с суммарным суточным выловом свыше 300 т наблюдался с 01 по 07 октября, уловы у КТФ в среднем составляли 67 т за сутки, а у СТФ – 83 т. Вылов минтая за этот период составил 2,4 тыс. т.

В 2024 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 07 августа по 31 октября (85 суток), изобаты 37-54 м (рис. 5). Годовой вылов составил 16,319 тыс. т, освоение ОДУ – 53,3%. На промысел было выставлено четыре крупнотоннажных судна и два среднетоннажных. Суда КТФ и СТФ ловили минтай только разноглубинными тралами, со средним суточным выловом, соответственно 47,2 и 49,8 т. Наиболее результативный промысла минтая в 2024 г. приходился на период с 09 августа по 17 сентября, т.е. начался на две неделе раньше чем в предыдущие два года. Суммарный суточный вылов у всех судов в этот период 2024 г. в основном находился на уровне свыше 300 т, периодически, в отдельные дни, понижаясь до уровня 138-264 т. Средний вылов за сутки на одно судно составляя у КТФ 72,6 т, у СТФ – 69,7 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 12,2 тыс. т, что составляет 75% от всего вылова за период промысла, что заметно больше чем в 2023 г. – 42% и 2022 г. – 52%.

В 2025 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 01 августа по 12 октября (71 сутки) над изобатами 33-79 м (рис. 5). Годовой вылов составил 4,475 тыс. т, освоение ОДУ – 14,6%, что является крайне низкими показателями. На промысел было выставлено два крупнотоннажных судна и четыре среднетоннажных. Суда КТФ ловили минтай только разноглубинными тралами со средним суточным выловом 24,5 т. Суда СТФ добывали минтай разноглубинными тралами (1 ед.) и снюрреводами (3 ед.), со средним суточным выловом, соответственно, 17,0 и 46,1 т. Наиболее результативный промысел минтая в 2025 г. приходился на период с 15 августа по 09 сентября, т.е. примерно в те же сроки, что и в предыдущие годы. Суммарный суточный вылов у всех судов в этот период 2025 г. находился от 36 до 272 т, что ниже показателей предыдущих лет. Вылов минтая за указанный период составил почти 3,4 тыс. т, что составляет 76% от всего вылова за период промысла. В предыдущие годы составлял: 2024 г. – 76%, 2023 г. – 42% и 2022 г. – 52%.

Как показывают наблюдения за промыслом минтая в Чукотском море, с 2021 г. по 2022 г. его годовой вылов увеличился в 4,5 раза. В 2023 г. он остался практически на том же уровне, что и в 2022 г. В 2024 г. вылов снизился в 1,2 раза в сравнение с двумя предыдущими годами, а в 2025 г. снизился в сравнение с предыдущим годом в 3,6 раз (табл. 2). Средний суточный вылов всеми судами, добывающими минтай, сначала увеличился с 72,5 т в 2021 г. до 247,8 т в 2022 г. Затем в 2023 г. он снизился до 185,6 т, а в 2024 г. опять возрос до 192,0 т. В 2025 г. средний суточный вылов опять снизился до 61,3 т. Изначально рост вылова был связан с увеличением периода промысла почти на треть, с выставлением на промысел большего количества судов СТФ и с увеличением суточного вылова минтая на одно судно. В 2023 г., в сравнение с предыдущим годом количество судов на промысле увеличилось на одно судно КТФ и на одно судно СТФ, при этом суточные уловы на одно судно снизились, а годовой вылов остался на прежнем уровне только за счет увеличения продолжительности периода промысла в 1,3 раза. В 2024 г. количество судов КТФ увеличилось на одно, а СТФ уменьшилось на три, снижение вылова произошло за счет уменьшения продолжительности промысла в 2024 г., в сравнение с предыдущим годом на 12 суток, что связано с тяжелыми ледовыми условиями, в результате чего изобаты в предыдущие годы доступные для промысла минтая были закрыты тяжелыми непроходимыми льдами (рис. 5). В 2025 г. вылов снизился из-за плохой промысловой обстановки и низкой плотности скоплений минтая. В результате этого средний суточный улов у судов, добывающих минтай тралами, составил у КТФ 24,5 т, что в 2 раз ниже, чем в предыдущем году (47,2 т), а у судов СТФ 17,0 т, что ниже в 3 раза ниже, чем в 2024 г. (49,8 т).

В целом, результаты мониторинга промысла за 2021-2025 гг. показывают, что масштаб миграции минтая в Чукотском море в 2025 г. заметно снизился, при этом результативность промысла в летне-осенний период стала зависеть от доступности промысловых скоплений из-за ледовой обстановки.

Характерной особенностью промысловых уловов минтая в Чукотском море является наличие в них крупного минтая старших возрастов (рис. 6).

Анализ размерно-возрастной структуры минтая Чукотского моря показал, что в современный период в южной части моря сформировался квазистационарный запас минтая, состоящий из старшевозрастных рыб беринговоморского происхождения [Буслов, Овсянников, 2022]. Примерно 2/3 численности, судя по темпу роста, составляют «оседлые» особи, не мигрирующие обратно. При этом в течение нагульного периода происходит подпитка запаса рыбами из Берингова моря. На данном этапе исследований сложно сказать, какая часть «рекрутов» возвращается в Берингово море, а какая остается, и покрывает ли иммиграция общую убыль минтая в Чукотском море. Однако даже если массовые заходы минтая через Берингов пролив прекратятся, то запас не исчезнет в течение одного сезона и промысел еще будет возможен на протяжении еще нескольких лет с умньшающейся эффективностью по мере естественной и промысловой убыли запаса.

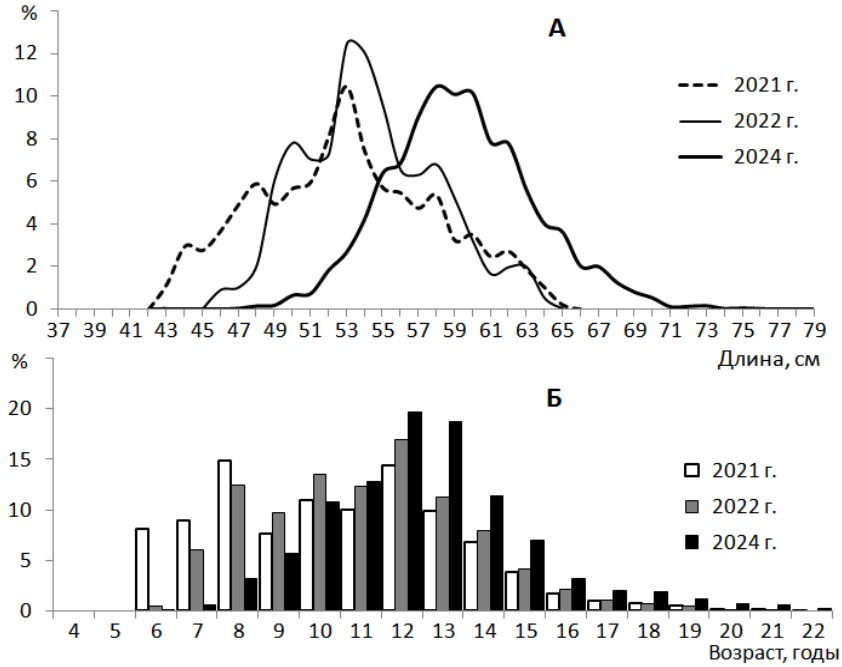


Рис. 6. Размерный (А) и возрастной (Б) составы промысловых уловов минтая в Чукотском море в 2021-2024 гг.

Как показывают наблюдения за океанологическими условиями в Чукотском море [Кровнин и др., 2022], в последние несколько лет наблюдалась тенденция к увеличению потока относительно теплых вод из Берингова моря в Чукотское, также увеличивался поток солнечной радиации на границе море-атмосфера, связанный с изменениями ледовых условий Чукотского моря, что приводило к устойчивому росту температуры поверхностного слоя моря и всего водяного столба. Вероятно, эти изменения океанологического режима и привели к активной нагульной миграции половозрелого минтая в этот район из Берингова моря, чего ранее не наблюдалось. В тоже время в 2024 г., в сравнение с предыдущими тремя годами район промысла минтая был закрыт льдами, что косвенно свидетельствует о начале похолодания. Результаты мониторинга промысла минтая в 2025 г. показали снижение миграции в этот район. В перспективе, ожидается постепенное похолодание водных масс северных морей Тихого океана, что может привести к дальнейшему сокращению миграции половозрелого минтая в южную часть Чукотского моря или вообще её полному прекращению. В такой ситуации в этом районе скопления будет образовывать только крупный половозрелый минтай, мигрировавший в этот район ранее и вероятно уже через 2-4 года из-за естественной смертности, плотность скоплений минтая в Чукотском море заметно снизится и вести его эффективный промысел здесь будет невозможно.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Промысел минтая в Чукотском море осуществлялся четыре года, поэтому материалы по определению биологических ориентиров и

обоснованию правила регулирования промысла на основе принципа «предосторожного подхода» находятся в разработке.

Прогнозирование состояния запаса. Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Исходя из плотности промысловых скоплений минтая в 2025 г. в южной части Чукотского моря можно предположить, что миграция крупных особей этого вида через Берингов пролив в этот район заметно снизилась, что должно привести к сокращению промысловой биомассы минтая. Средневзвешенный через количество судосуток на лову по типам судов улов в 2024 г. составлял 48,0 т, а в 2025 г. – 26,6 т. Ранее предполагалось, что биомасса минтая в Чукотском море находится на среднем уровне, который оценивался в 262 тыс. т. Новые данные с промысла свидетельствуют о заметном снижении биомассы. Исходя из этого, предполагается, что к началу 2027 г. промысловая биомасса минтая в этом районе уменьшится пропорционально наблюдаемому снижение среднего суточного улова на одно судно (26,6/48,0), т.е. до уровня около 145 тыс. т.

В качестве рекомендованной величины промысловой смертности предлагается использовать величину, равную половине оценки промысловой смертности, соответствующей предосторожному подходу, оцененной для запаса минтая Наваринского района, как наиболее географически близкого: 0,24/2=0,12. Столь щадящий выбор сделан по причине крайне низкой исследованности запаса минтая Чукотского моря и невозможности в настоящее время достаточно точно, предсказывать объемы его миграции в этот район. Следовательно, расчетная величина ОДУ минтая при ожидаемом в 2027 г. промысловом запасе на уровне около 145 тыс. т может составить 17,4 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ минтая в зоне Чукотское море в 2027 г.** рекомендуется в объеме **17,400 тыс. т**.

Анализ и диагностика полученных результатов

В Чукотском море специализированный промысел был организован пять лет назад, поэтому, из-за короткого ряда наблюдений выполнить полноценный анализ и диагностику полученных результатов в настоящее время пока невозможно.

В 2021 г. вылов минтая в рассматриваемом районе составил 4,1 тыс. т, в 2022 г. – 18,6 тыс. т, в 2022 г. – 19,7 тыс. т, в 2024 г. – 16,3 тыс. т, в 2025 г. – 4,5 тыс. т, что соответствует, исходя из предполагаемого объема запаса для этих лет изъятию: 1,6; 7,3; 7,7; 6,4 и 1,9%. Исходя из крайне низкого промыслового использования минтая в Чукотском море, можно заключить, что промысел не оказывает влияния на этот запас, и его величина будет изменяться только по естественным причинам.

67.01 - Зона Чукотская

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская

Исполнители: Е.Е. Овсянников, В.В. Кулик, Е.В. Грицай, М.А. Степаненко («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов и определения ОДУ минтая в северо-западной части Берингова моря на 2027 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки состояния ресурсов минтая, полученные по результатам комплексных научно-исследовательских съемок, выполненных «ТИНРО» в течение последних лет в северо-западной части Берингова моря: в 2015 г. – на НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов»; в 2017 г. – на НИС «Бухоро»; в 2018-2019 гг. – на НИС «Профессор Леванидов»; в 2020 г. – на НИС «Дмитрий Песков», «ТИНРО», «Профессор Кагановский»; в 2021 г. – на НИС «Профессор Кагановский»; в 2024 г. – на НИС «ТИНРО», «Дмитрий Песков»; Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований США (AFSC, NOAA) – в восточной части Берингова моря в 2018, 2022 и 2024 гг. на НИС «Оскар Дайсон», в 2017−2025 гг. – на РС «Аляска Найт», в 2017−2022 гг. - на РС «Вестерлааен», в 2023-2025 гг. - на РС «Нортвест Эксплорер».

Научно-исследовательские съемки «ТИНРО» в северо-западной части Берингова моря и Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC) в восточной части моря позволяют охватить исследованиями практически все районы обитания минтая в Беринговом море, включая места нереста, распространения молоди и нагула половозрелых особей. В ходе этих исследований собираются данные о состоянии ресурсов, величине общего и промыслового ресурсов, воспроизводстве, численности пополнения, оценивается численность отдельных поколений и динамика общей численности минтая. Кроме того, собирается информация об экологической ситуации в районе обитания минтая, состоянии и тенденциях развития пелагических и донных сообществ, состоянии планктонных сообществ, кормовой базы минтая.

2. Данные, собранные научными наблюдателями на промысловых судах, осуществляющих специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах в летне-осенний период 1995−2025 гг.

3. Сведения о вылове и распределении флота в течение путины 2025 г. по данным наблюдателей и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

4. Данные по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE) крупнотоннажного флота (тонн на судосутки лова) по годам промысла за 1980−2025 гг.

5. Архивные материалы за период 1970−2025 гг., отечественные и зарубежные литературные сведения.

Минимальные требования к составу информации соответствуют I уровню информационного обеспечения (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Предоставленных данных достаточно для всестороннего оценивания запаса, используя методы, рекомендуемые для всех трёх уровней информационного обеспечения согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104. Максимальный уровень (I) включает модели биологических процессов, структурированные по возрасту.

В 2024 г. проведена научно-исследовательская работа по оценке устойчивости применявшейся робастной модели виртуального популяционного анализа TISVPA в той же версии, что была применена в работах [Булатов, Васильев, 2022, 2023], а также более современной статистической когортной модели (СКМ) в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother или UKS) [Ильин, 2022]. СКМ с UKS учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит когортную модель «Синтез» [Ильин и др., 2014] в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки [Ильин, 2022], а также имеет в разы более близкую к нулю [Кулик и др., 2024] ретроспективную ошибку в виде показателя Мона (ρ) [Mohn, 1999]. Таким образом, с целью улучшения качества прогнозирования, в обосновании приведены оценки по когортной модели в пространстве состояний, а не из TISVPA.

В СКМ с UKS используется экспоненциально-логистический тип моделируемой функции селективности:

$$s_{t,a} = \frac{\exp\left(r_{1t} r_{2t} (r_{3t} - a)\right)}{1 - r_{2t}\left[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))\right]},$$

где: $r_{1t} r_{2t}, r_{3t}$ — параметры, a — возраст.

Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,13}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}\right]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,13}, \ln I_t^1, \ln I_t^2\right]^T.$$

где $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса, I_t^2 — индекс нерестового запаса.

При моделировании запаса минтая предполагается, что:

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2),\ \sigma_R = 1.0;$

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$, $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$;

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индекса SSB$\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$. Диагональные элементы ковариационной матрицы $\sum_C$ зависят от возраста кусочно-квадратично, корреляционная структура типа авторегрессии второго порядка AR(2);

— параметры распределений и коэффициенты улавливаемости для индексов запаса и пополнения оцениваются в модели;

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$.

Для коэффициента естественной смертности выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.3, 0.3^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров считались неинформативными, но для индекса SSB из TISVPA диапазон поиска q был зажат между 0,9 и 1,1, чтобы сохранить масштаб SSB сравнимым с таковым в TISVPA.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Результаты тралово-акустических и донных траловых съемок свидетельствуют о значительной межгодовой изменчивости численности и биомассы, динамики возрастного состава минтая в Беринговом море (рис. 7−8).

Численность и биомасса минтая в придонном слое в восточной части Берингова моря увеличивались вплоть до 2014 г., после чего ресурсы стали снижаться (рис. 9). В 2017 г. темп уменьшения численности и биомассы минтая в придонном слое восточной части Берингова моря замедлился.

В 2018 г. биомасса минтая в пелагиали восточной части Берингова моря (2,5 млн т), по данным тралово-акустической съемки, оказалась меньше по сравнению с 2016 г. (4,06 млн т) на 49,51%; численность в 2018 г. (5,57 млрд экз.) – ниже по сравнению с 2016 г. (10,75 млрд экз.) на 48,19%.

Значительное уменьшение биомассы (3,11 млн т) и численности (5,97 млрд экз.) минтая в 2018 г. отмечено и в придонном слое восточной части Берингова моря; оценка биомассы ниже по сравнению с 2017 г. (4,81 млн т) на 35,56%, численности по сравнению с 2017 г. (8,48 млрд экз.) – на 29,5%. Общая биомасса минтая в восточной части моря в 2018 г., по данным съемок, (5,6 млн т) меньше по сравнению с 2016 г. (8,97 млн т) на 37,57%.

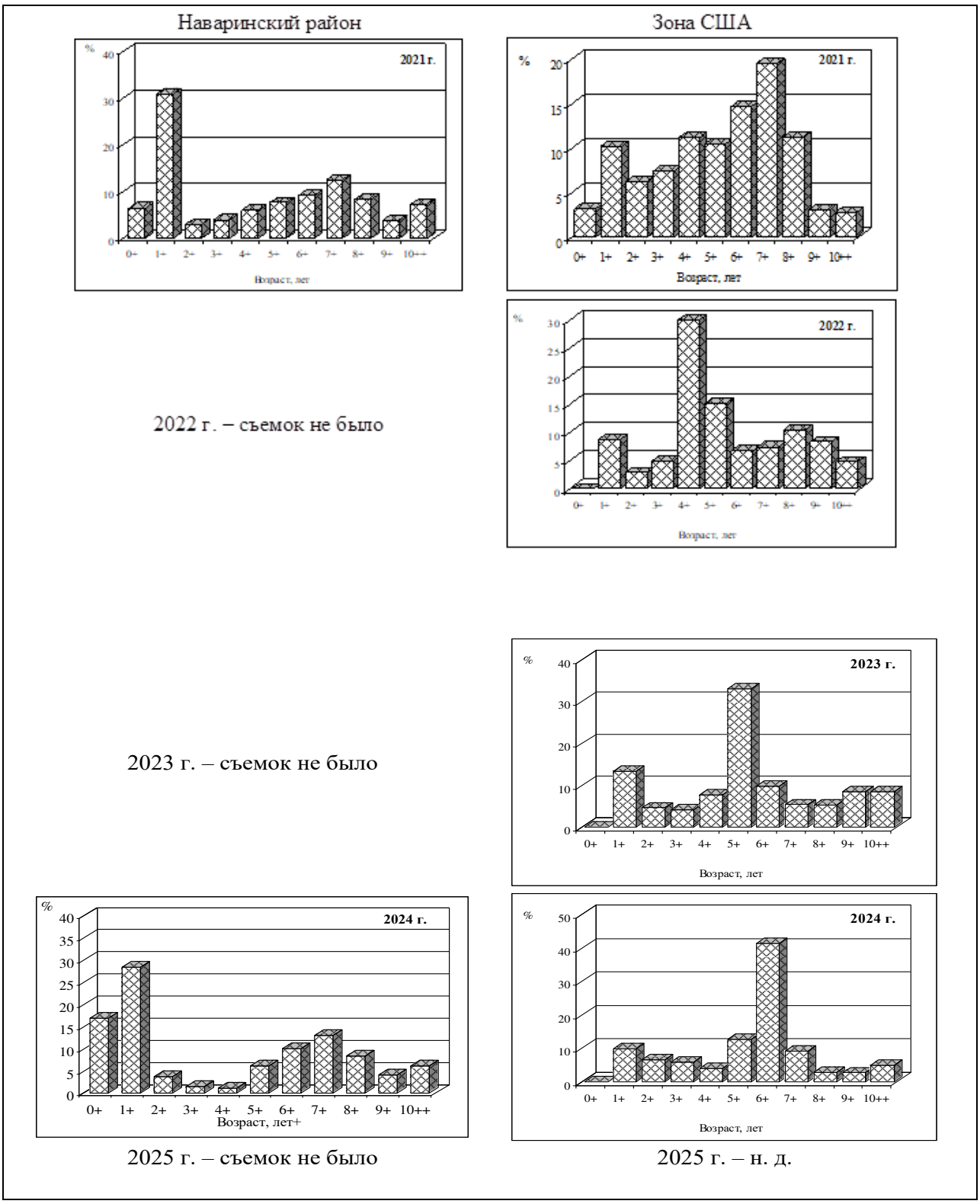


Рис. 7. Возрастной состав минтая в придонном слое в северо-западной (Наваринский район) и восточной (зона США) части Берингова моря в 2017–2025 гг. (по результатам донных траловых съемок)

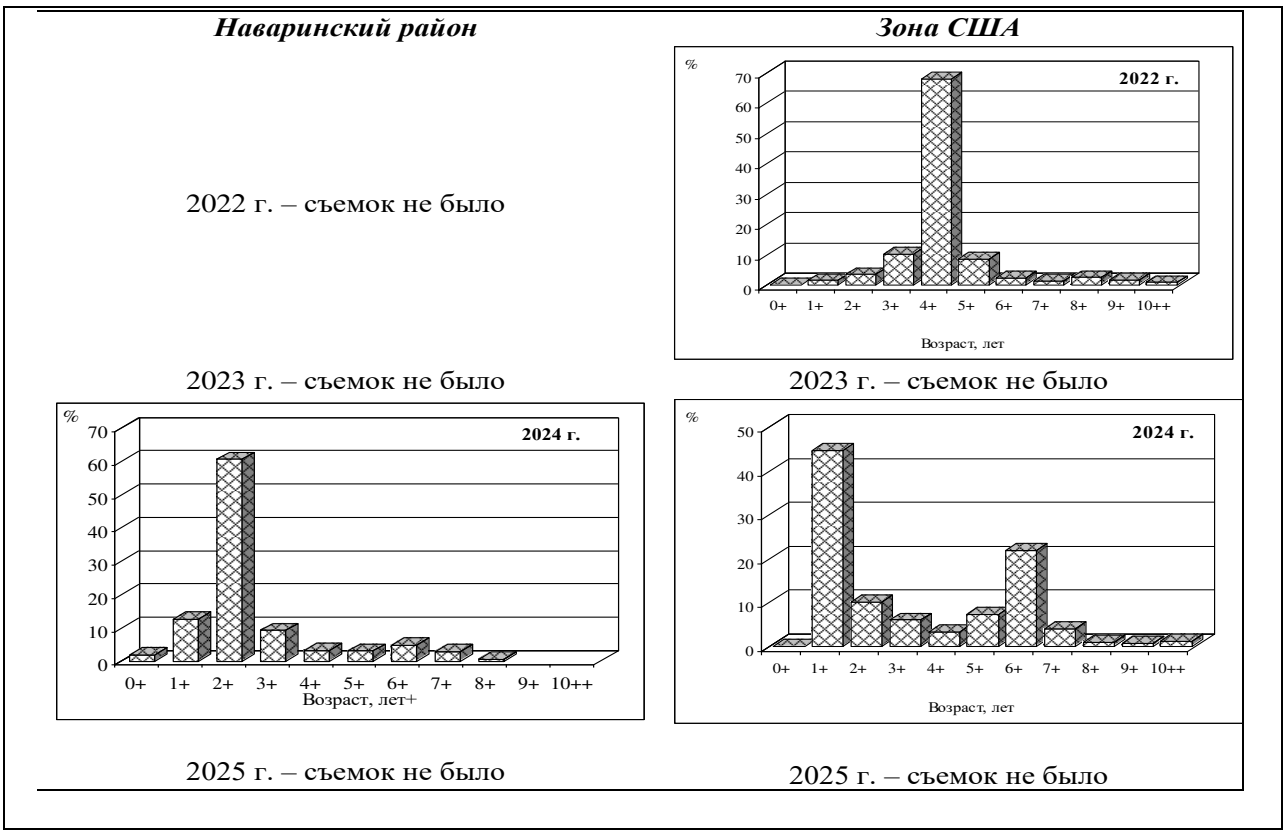


Рис. 8. Возрастной состав минтая в пелагиали северо-западной (Наваринский район) и восточной (зона США) части Берингова моря в 2017−2025 гг. (по результатам тралово-акустических съемок)

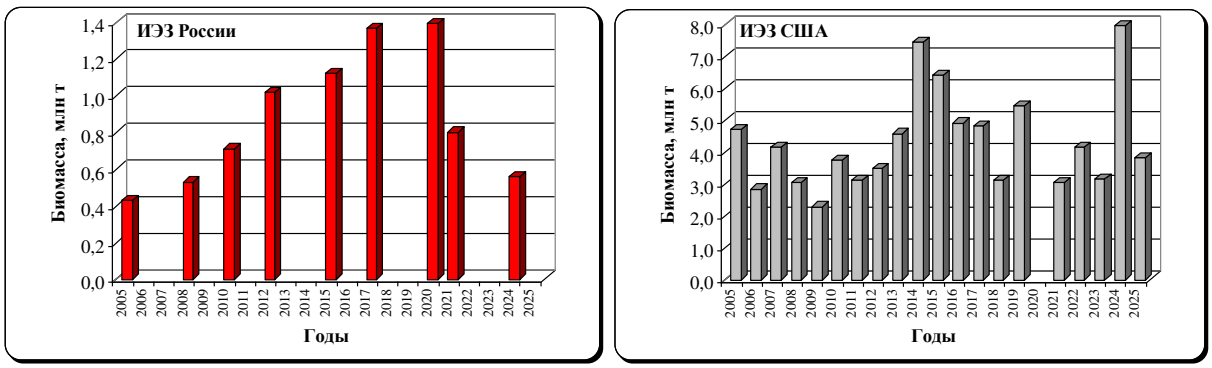


Рис. 9. Межгодовая динамика биомассы восточно-беринговоморского минтая в ИЭЗ России (Наваринский район) и ИЭЗ США за период 2005–2025 гг. по данным донных траловых съемок «ТИНРО» и AFSC

В 2019 г. биомасса и численность минтая в придонном слое восточной части Берингова моря, по данным стандартной донной траловой съемки, значительно выше оценок аналогичной съемки 2018 г. – 5,45 млн т (выше результатов 2018 г. на 75,24%) и 9,13 млрд экз. (выше данных 2018 г. на 52,93%). По данным съемки 2019 г., в придонном слое восточной части Берингова моря преобладали поколения 2013-2014 гг.; по данным съемки 2018 г., – поколения 2012-2013 гг. Величина биомассы и численности минтая в 2019 г. сравнима с показателями 2017 г. Наиболее вероятно, что биомасса

минтая в придонном слое восточной части Берингова моря в 2018 г. оценена ниже уровня 2016-2017 и 2019 гг. в связи с тем, что в летний период 2018 г. (в период съемки) значительная часть минтая обитала в северной и северо-западной части моря за пределами района съемки в зоне США.

В северо-западной части Берингова моря (зона России) в 2018 г. (июль–август), по данным эхоинтеграционно-траловой съемки, биомасса минтая в пелагиали оценена в 598,0 тыс. т, численность – в 1,191 млрд экз.

В северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская зона) в летний период 2018 г., по данным тралово-акустической съемки, преобладал минтай средних по численности поколений 2013 (21,03%) и 2014 гг. (20,04%) в почти равном соотношении (рис. 10). Относительно многочисленным было и поколение 2012 г. (10,34%); поколения 2015-2016 гг. имели небольшую численность. Младшевозрастной минтай поколения 2017 г., по данным съемки, имел значительную численность в северо-западной части моря (24,7%); большая численность этого поколения была отмечена и в восточной части Берингова моря.

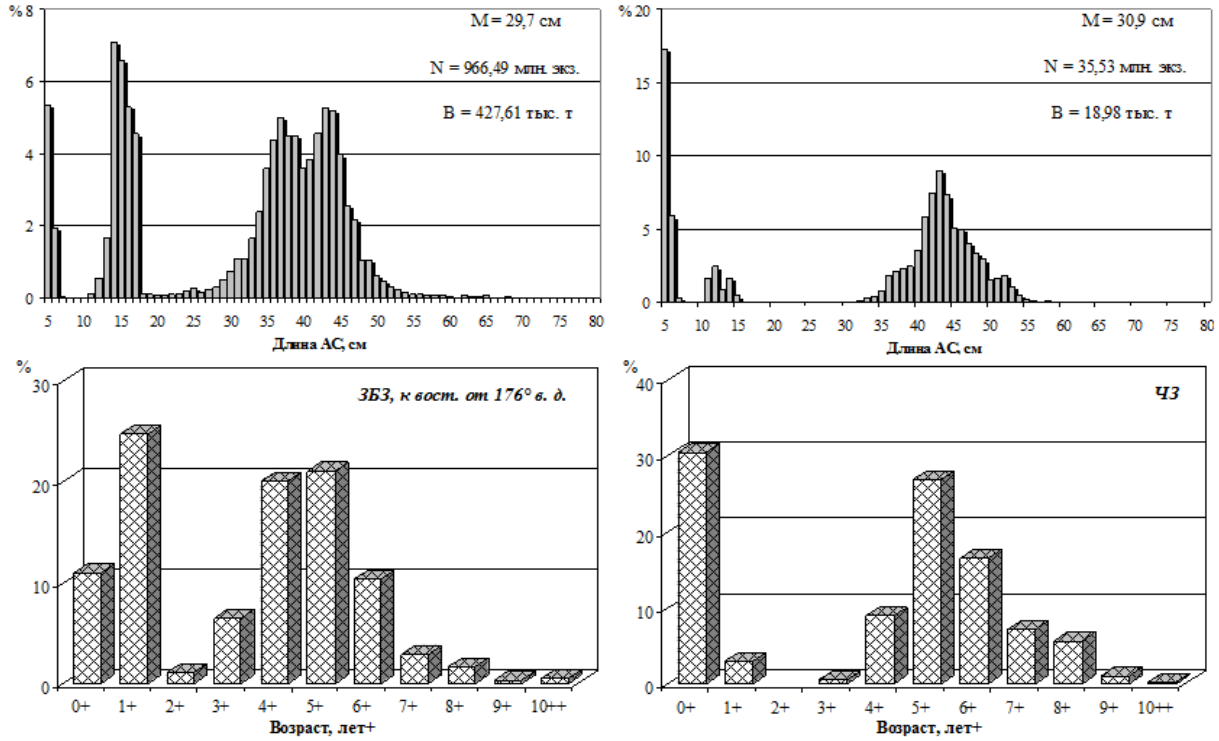


Рис. 10. Размерно-возрастной состав минтая в Западно-Беринговоморской (слева) и Чукотской (справа) зонах в июле–августе 2018 г. по данным тралово-акустической съемки НИС «Профессор Леванидов»

В Чукотской зоне в пелагиали летом 2018 г. преобладала рыба поколений 2013 г. (26,8%) и 2012 г. (16,4%) (рис. 10). Необходимо отметить, что выполненные в предыдущие годы съемки показали наличие в Чукотской зоне в летне-осенний период лишь некоторых размерно-возрастных групп минтая (рис. 11-12).

В 2020 г. (август–сентябрь) биомасса минтая в пелагиали Западно-Беринговоморской и Чукотской зон, по данным эхоинтеграционно-траловой съемки, оценена в 425,6 тыс. т, численность – в 1,609 млрд экз. Распределение минтая, величина его численности и биомассы в северо-западной части Берингова моря в августе–сентябре 2020 г. близки к данным аналогичной съемки в июле–августе 2018 г.

В северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период 2020 г. в пелагиали преобладал минтай средних по численности поколений 2013 и 2014 гг., среди младшевозрастной рыбы – поколение 2018 г. Относительно высокой была и численность поколений 2017 и 2019 гг., а также сеголетков (поколение 2020 г.).

По результатам донной съемки, численность и биомасса минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2020 г. оценены в 5,48 млрд экз. и 1,39 млн т (при $К_У$ = 1), соответственно. В восточной части Берингова моря биомасса минтая по результатам донной съемки в 2020 г. оценена в 5,45 млн т, в 2021 г. – в 3,03 млн т.

В августе–сентябре 2021 г. численность минтая в придонном слое северо-западной части Берингова моря, по результатам донной траловой съемки НИС «Профессор Кагановский», оценена в 1,716 млрд экз., биомасса – в 0,800 млн т ($К_У$=1) (рис. 13). Численность рыб промыслового размера составила 1,227 млрд экз., а биомасса 0,754 млн т.

Биомасса минтая в восточной части Берингова моря в летний период 2022 г., по результатам донной траловой съемки Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований США (AFSC), оценена в 4,15 млн т, в пелагиали (по данным тралово-акустической съемки) – в 3,83 млн т. Общая биомасса восточноберинговоморского минтая, который доминирует в Западно-Беринговоморской зоне в летне-осенний период, в 2022 г. оценена, по данным съемок, величиной около 8,0 млн т. В 2024-2025 гг. Аляскинский центр (AFSC) прогнозирует стабильное состояние ресурсов восточноберинговоморского минтая на среднем уровне.

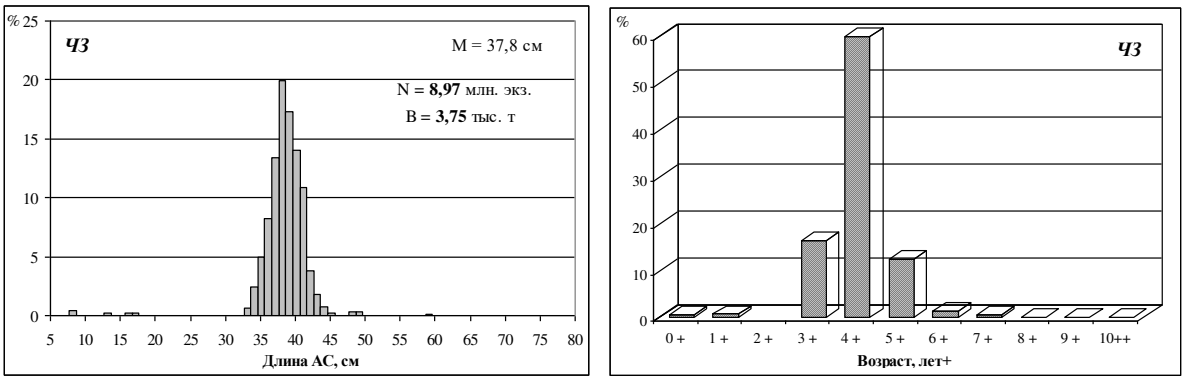


Рис. 11. Размерно-возрастной состав минтая в пелагиали Чукотской зоны в октябре 2012 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»

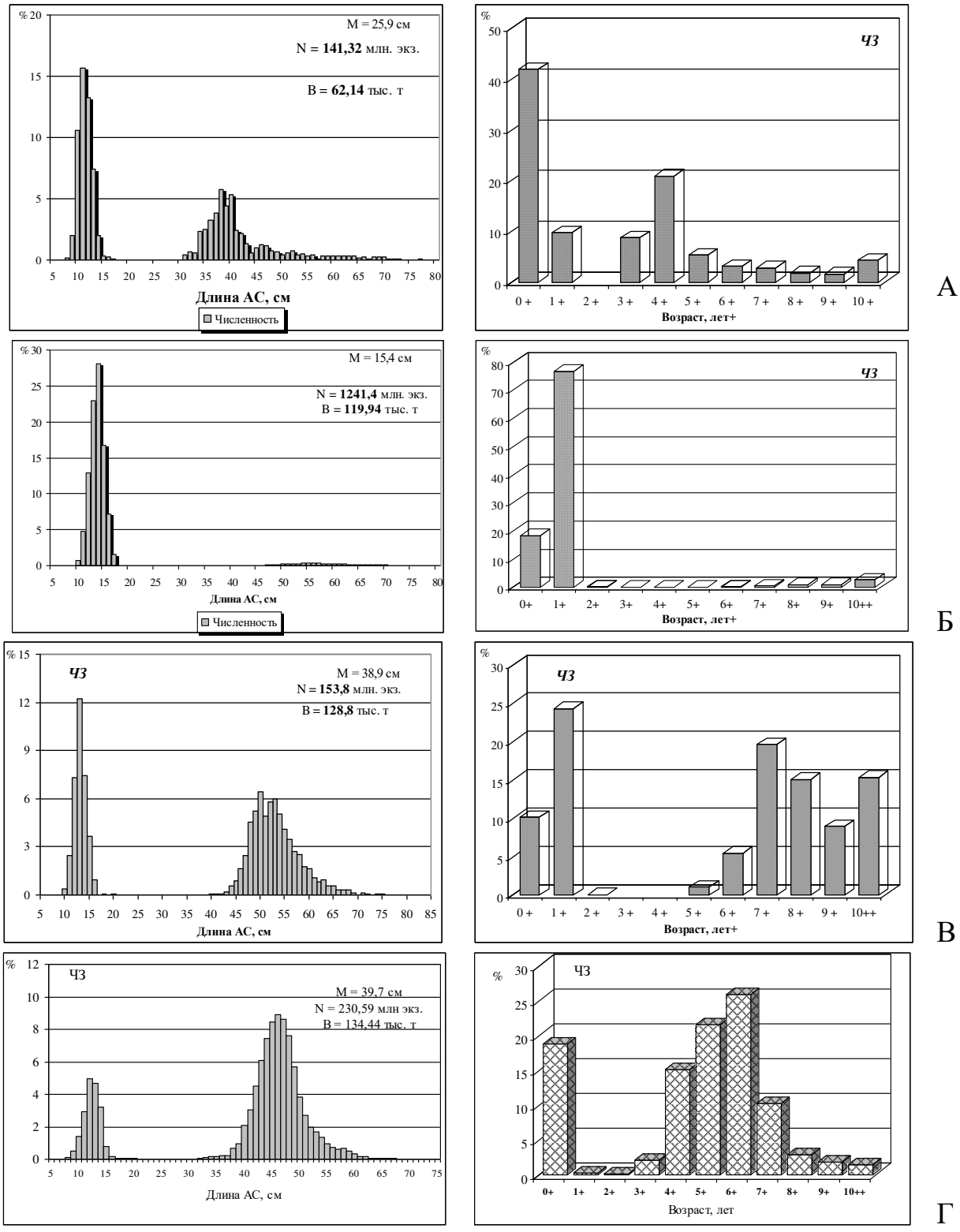


Рис. 12. Размерно-возрастной состав минтая в придонном слое Чукотской зоны (А – 08.07-26.08.2012 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»; Б – 22.06.-08.08.2015 г. по данным НИС «ТИНРО»; В – 07.06.-30.07.2017 г. по данным НИС «Бухоро»; Г – 04-08.08.2020 г., по данным НИС «Дмитрий Песков»)

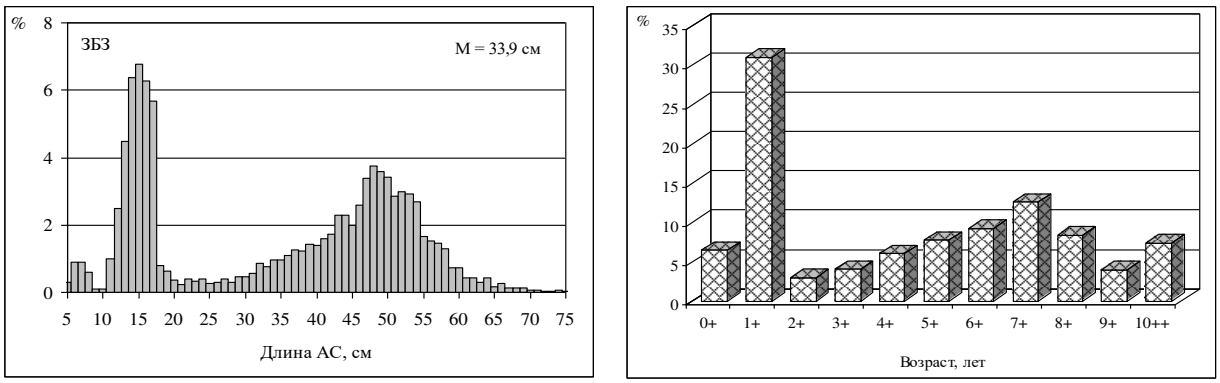


Рис. 13. Размерно-возрастной состав минтая в придонном слое Западно-Беринговоморской зоне в августе–сентябре 2021 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»

В 2024 г. в восточной части Берингова моря биомасса минтая, по данным Аляскинского центра (AFSC), оценена в 10,18 млн т (в 2023 г. - 12,38 млн т). По данным донной траловой съемки, биомасса минтая в придонном слое составила 7,958 млн т; в пелагиали - 2,871 млн т (по данным тралово-акустической съемки – 2,871 млн т; общая биомасса – 10,829 млн т.

В Западно-Беринговоморской зоне в летний период 2024 г. биомасса минтая, по данным донной траловой съемки на шельфе, оценена в 520,0 тыс. т, численность – в 2,180 млрд экз. ($К_У$=1). Биомасса минтая в придонном слое на континентальном склоне составила 37,0 тыс. т, численность – 40,7 млн экз. ($К_У$=1). В придонном слое среди половозрелых рыб преобладал минтай поколений 2017-2018 гг. В сентябре 2024 г., по данным тралово-акустической съемки, биомасса минтая в нижней части шельфа в относительно небольшом локальном районе, расположенном от разделительной линии до юго-западной части Анадырского залива, оценена в 114,5 тыс. т, численность – в 1464,1 млн экз. В пелагиали в этом регионе преобладал младшевозрастной минтай поколения 2022 г. Суммарная биомасса по результатам трех съемок в северо-западной части Берингова моря летом 2024 г. оценена в 0,671 млн т.

Масштаб распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря из восточной части моря в летне-осенний период 2024 г. значительно меньше, чем в предыдущем году. Основная причина относительно небольшого масштаба распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря, вероятно, связана с относительно небольшой численностью предпочтительного корма в этом регионе – зоопланктона крупной фракции. В частности, об этом свидетельствует, по данным наблюдателей, невысокая интенсивность питания минтая в летний период 2024 г. и небольшая численность зоопланктона крупной фракции в его рационе.

Биомасса восточноберинговоморского минтая, предположительно, стабилизируется в 2025-2026 гг. на уровне близком к среднему за счет ряда средних по численности поколений (2017, 2019, 2020, 2021 гг.). Соответственно потенциально на среднем уровне вероятно и его распространение в Западно-Беринговоморскую зону из восточной части моря

в летний период. Указанные факторы могут обеспечить промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2025-2026 гг. на среднем уровне.

Таким образом, численность и биомасса восточноберинговоморского минтая после 2014 г. снижались в связи с выбыванием многочисленных (2008 и 2012 гг.) и средних по численности (2010-2011, 2013-2014 гг.) поколений; с 2019 г. биомасса восточноберинговоморского минтая стабилизировалась за счет многочисленного поколения 2018 г. и нескольких средних по численности поколений (2017, 2019 и 2020 гг.) на уровне близком к среднему.

Оценки численности и биомассы минтая в северо-западной и восточной частях Берингова моря, по результатам стандартных эхоинтеграционно-траловых и донных траловых съемок (при $К_у$=1), за период 2010−2025 гг. приведены в таблице 3.

Таблица 3

Численность (N, млрд экз.) и биомасса минтая (B, млн т) по данным съемок в северо-западной (ИЭЗ России) и восточной частях (ИЭЗ США) Берингова моря в 2010−2025 гг.

Год	Зона России				Зона США			
	Пелагиаль		Донная ($К_у$=1)		Пелагиаль		Донная ($К_у$=1)	
	N	B	N	B	N	B	N	B
2010	0,571	0,144	1,652	0,686	13,41	2,46	5,397	3,74
2011	1,994	0,406	-	-	-	-	4,845	3,11
2012	0,935	0,263	3,085	0,954	6,67	1,84	6,475	3,49
2013	0,436	0,129	-	-	-	-	7,707	4,58
2014	2,987	0,206	-	-	17,10	3,48	11,831	7,43
2015	3,276	0,397	3,460	1,021	-	-	10,983	6,39
2016	-	-	-	-	10,75	4,06	8,532	4,91
2017	-	-	3,379	1,368		-	8,483	4,81
2018	1,191	0,598	-	-	5,57	2,50	5,972	3,11
2019	-	-	-	-	-	-	9,131	5,46
2020	1,609	0,425	5,484	1,391	-	3,60	-	-
2021	-	-	1,716	0,800	-	-	5,894	3,03
2022	-	-	-	-	9,67	3,83	11,90	4,15
2023	-	-	-	-	-	-	7,693	3,15
2024	1,464	0,114	2,587	0,557	11,35	2,87	16,487	7,95
2025	-	-	-	-	-	-	6,576	3,82

Состояние промысла. В Беринговом море минтай традиционно представляет основу одного из наиболее крупномасштабных и устойчивых российских промыслов в дальневосточном регионе. Специализированный промысел минтая в Беринговом море начался в конце 1950-х гг. До конца 1970-х гг. лов вели преимущественно в восточной части моря и в отдельные периоды – в северной (Наваринский район). В период 1970−1977 гг. максимум вылова в Беринговом море был зафиксирован в 1972 г., когда общий объем изъятия превысил 2,0 млн т; при этом 69,2% минтая было выловлено в юго-восточной части моря и 23,7% – на северо-западе моря.

В российских водах Берингова моря возникновение отечественного промысла относится к началу 1970-х гг. В течение десятилетия минтай добывался в основном в западной части моря – в Карагинском и Олюторском заливах. С увеличением интенсивности промысла одновременно расширялась и акватория лова: после введения в 1977 г. 200-мильных экономических зон промысел велся практически на всем азиатском шельфе Берингова моря от зал. Озерной до разделительной линии с зоной США.

Второй пик уловов в Беринговом море отмечен в 1988 г., когда общий вылов минтая составил, по разным источникам, 4,07−4,20 млн т; из них в водах США и России (включая районы Алеутской и Командорской котловин) – 33,1 и 32,6% (в том числе в Наваринском районе – 20,9%), в центральной части моря – 34,3%. Широкомасштабное распространение минтая в районы глубоководных котловин было обусловлено значительным увеличением его биомассы за счет самого высокочисленного за весь период наблюдений поколения 1978 г. и ряда многочисленных поколений смежных лет. После выхода этих поколений из промысловой части популяции распространение минтая в глубоководные котловины уменьшилось, его годовые уловы в центральной части Берингова моря (анклаве) стали резко сокращаться: за пять лет (1989−1993 гг.) они уменьшились с 1,448 млн т до 2 тыс. т. В 1994 г., после подписания шестисторонней международной Конвенции по сохранению ресурсов минтая в Беринговом море, был введен мораторий на его промысел в центральной части моря, действующий до настоящего времени. В последние двадцать лет общий вылов минтая во всем Беринговом море находился на уровне 1,2−2,0 млн т.

В западной части Берингова моря (к западу от 174° в.д.) высокие и относительно стабильные уловы минтая наблюдались с 1976 по 1994 г. включительно. Здесь в среднем за год вылавливалось 273 тыс. т (при максимуме в 1976 г. – 549 тыс. т). После 1994 г., в связи со значительным сокращением ресурсов минтая в этом регионе, вылов и улов на усилие значительно снизились. В 1995−2001 гг. среднегодовой вылов уменьшился в 3,2 раза (максимум отмечен в 1999 г. – 149 тыс. т).

Снижение уловов во второй половине 1990-х гг. наблюдалось и в восточной части Берингова моря (зона США). Однако уже в 2000–2004 гг. вылов минтая в зоне США вновь увеличился (рис. 14) с дальнейшей стабилизацией в 2005-2006 гг., что было обусловлено вступлением в промысел ряда многочисленных и относительно многочисленных поколений 1995−1997, 1999−2001 гг.

В 2008−2010 гг. вылов в восточной части Берингова моря резко уменьшился (в связи с сокращением ресурсов промысловой части популяции), а в 2011 г. – величина допустимого улова вновь была увеличена, в обоснование чего был положен факт вступления в промысловую часть популяции многочисленного поколения 2006 г. В последние одиннадцать лет (2014−2024 гг.) американский вылов составлял 1110−1425 тыс. т, что обеспечивалось наличием многочисленных поколений 2008, 2012, 2018 гг. и рядом средних по численности поколений смежных лет.

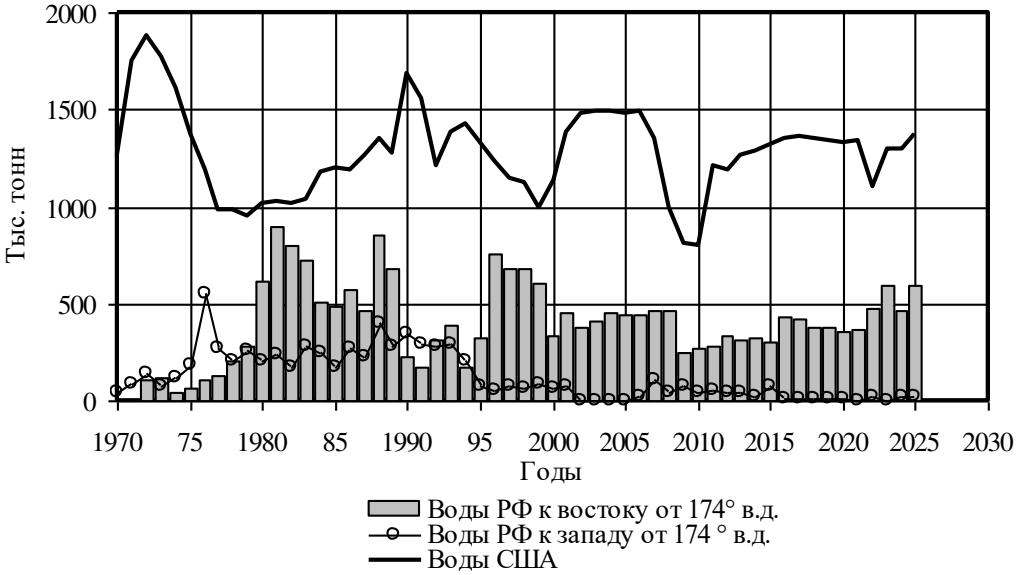


Рис. 14. Динамика вылова минтая в Беринговом море в 1970-2025 гг.

В российской части Берингова моря ежегодный вылов минтая исторически определялся не только его численностью, но и социально-экономическими факторами. Интенсивность промысла в отдельные периоды в большой степени зависела от организационно-технических причин. В первой половине 1990-х гг. снижение вылова минтая в Беринговом море было вызвано кризисным состоянием рыбной промышленности России. В этот период российский промысел минтая велся преимущественно в Охотском море.

Северо-западная часть Берингова моря (к востоку от 174° в.д. до линии разграничения морских пространств России – США, или Наваринский район) в настоящее время, как и ранее, является вторым по значимости районом промысла минтая в ИЭЗ России: в 1985−1992 гг. здесь добывалось от 178 до 852 тыс. т (в среднем 514 тыс. т, или 16,8% суммарного вылова минтая в Беринговом море). В конце 1990-х гг. объем вылова превысил 30% суммарного по морю. В этом районе до 1990 г. круглогодичный промысел велся без ограничений по объемам вылова и размерному составу уловов; величина вылова полностью определялась интенсивностью лова (рис. 15). В последующие годы промысел минтая в этом районе стал регулируемым; величина ежегодного вылова определяется состоянием его ресурсов. До 2002 г. суда, занятые на промысле минтая в Западно-Беринговоморской зоне, дислоцировались на акватории от м. Олюторский до разделительной линии зон России – США. В годы временного запрета промысла (2002−2006 гг.) в Западно-Беринговоморской зоне на участке к западу от 174° в.д. специализированный промысел минтая велся только в Наваринском районе. С 2007 г., вплоть до введения в 2016 г. запрета на специализированный промысел минтая к западу от 174° в.д. в течение всего года, рыбодобывающий флот вел промысел на всей акватории Западно-Беринговоморской зоны; однако бóльшая часть судов в течение путины

работала к востоку от 174° в.д. В 2016 г. проведено изменение Правил рыболовства, в соответствии с которой специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне (к западу от 174° в.д.) запрещен. В настоящее время согласно п. 15.1 «Правил рыболовства…» специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне ведется исключительно на акватории к востоку от 174° в.д.

В российской части Берингова моря определение общего допустимого улова минтая производится отдельно для двух районов, соответствующих двум самостоятельным единицам запаса: в западной части (Олюторский, Карагинский заливы и район Западно-Беринговоморской зоны к западу от 174° в.д.) и в северо-западной части моря (район к востоку от 174° в.д. до разделительной линии зон России и США).

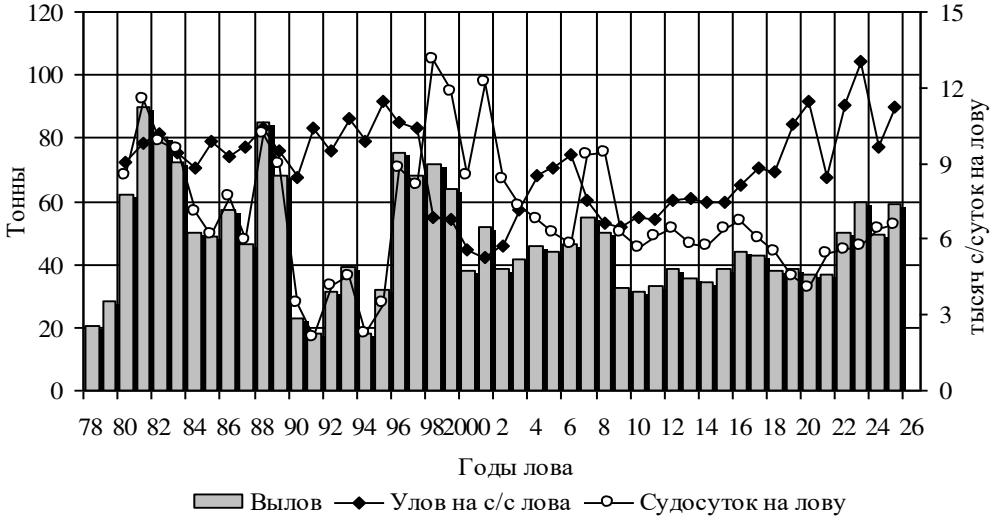


Рис. 15. Вылов минтая в Наваринском районе (× 10^4 т), расчетное количество судосуток на лову и улов на судосутки лова в 1978-2025 гг.

В летний период минтай в небольшом количестве распространяется и в Чукотскую зону, в которой до 2008 г. ОДУ минтая не устанавливали, и он вылавливался, в основном, в качестве прилова. Так, в 2005 г. общий вылов составил всего 1 т, а в 2007 г. – 857 т. В 2008 г. вылов увеличился до 2,6 тыс. т. Однако уже в следующем году было выловлено всего 5 т минтая. В 2011−2024 гг. вылов в этой зоне был небольшим при среднем освоении ОДУ 46,6% (табл. 4). Причина небольшого освоения ОДУ – незначительное распространение минтая в Чукотскую зону в летний период из Западно-Беринговоморской зоны и незаинтересованность добывающих предприятий в его добыче в данном промысловом районе.

Прямая зависимость вылова минтая от численности его ежегодного пополнения и биомассы в Западно-Беринговоморской зоне отмечается далеко не всегда. Одна из основных причин значительной межгодовой изменчивости уловов связана с тем, что промысел минтая здесь базируется в основном не на минтае местного происхождения, а на рыбе, мигрирующей в этот район в нагульный период из восточной части Берингова моря. Численность,

биомасса, размерно-возрастная структура минтая и результативность промысла в северо-западной части моря зависят не от численности поколений местного происхождения, а от масштаба распространения рыбы из восточной части Берингова моря в летне-осенний период.

Таблица 4

ОДУ, вылов и освоение минтая в Чукотской зоне в 2011–2025 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2011	5,7	3,822	67,1
2012	5,3	4,441	83,8
2013	5,6	4,376	78,1
2014	5,3	3,404	64,2
2015	5,5	2,136	38,8
2016	6,2	5,506	88,8
2017	6,5	3,995	61,5
2018	5,4	4,548	84,2
2019	5,5	2,612	47,5
2020	4,8	0,723	15,1
2021	5,0	0,576	11,5
2022	7,0	0,175	2,5
2023	8,0	0,344	4,3
2024	5,0	0,223	4,5
2025	7,8	0,0005	0,01

Существенное, а в отдельные годы определяющее влияние на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период оказывает распределение и численность крупного зоопланктона, прежде всего основных объектов питания минтая – эвфаузиид и крупных видов копепод.

В последние годы на большей части акватории шельфа и континентального склона Берингова моря, в том числе в российских водах, в планктоне и питании минтая преобладали мелкие виды копепод и другие мелкие виды планктона с низкой калорийностью; интенсивность питания минтая в нагульный период была относительно небольшой. Этот фактор оказал непосредственное влияние на поведение и распространение минтая в северо-западной части Берингова моря, в том числе в российских водах. Распространение минтая в Западно-Беринговоморскую зону из восточной части Берингова моря в 2016−2024 гг. было интенсивным уже в первой половине лета, так как температурный фактор в эти годы не лимитировал сезонные миграции в северо-западную часть моря, а численность зоопланктона крупной фракции в районах зимовки и нереста в восточной части Берингова моря была относительно небольшой. Масштабному распространению минтая в ИЭЗ России в первой половине лета в 2016-2024 гг. способствовал и быстрый весенне-летний прогрев вод в северо-западной части Берингова моря. В конце летнего периода распространение минтая в российские воды замедлялось; обратные его миграции (особенно крупных половозрелых рыб) в направлении восточной части Берингова моря

в эти годы начинались раньше по сравнению со среднемноголетними данными (в конце лета и начале осени).

Необходимо отметить, что с начала 2000-х гг. отсутствует деление Западно-Беринговоморской зоны на статистические подрайоны, соответствующие распространению разных популяций минтая. Поэтому вылов западноберинговоморского минтая входит в счет общей квоты минтая в зоне Западно-Беринговоморская. Упразднение границы между статистическими подрайонами приводило к перелову рекомендованной величины изъятия минтая этой популяции при значительном его распространении в Западно-Беринговоморскую зону в летне-осенний период. В некоторые годы здесь выбиралось минтая в 2,5–4,4 раза больше рекомендованного уровня (табл. 5). Это обстоятельство могло негативно отразиться на состоянии ресурсов западноберинговоморского минтая.

Таблица 5

ОДУ, вылов и освоение минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2003−2025 гг. по данным ИС «Рыболовство»

Год	Западнее 174° в.д.			Восточнее 174° в.д.			Суммарно по зоне		
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2003	5,0	3,815	76,3	420	415,303	98,9	425,0	419,118	98,6
2004	3,7	4,920	133,0	416,3	422,356	101,5	420,0	427,276	101,7
2005	4,7	6,192	131,7	447,8	444,531	99,3	452,5	450,723	99,6
2006	4,7	21,122	449,4	462,3	442,204	95,7	467,0	463,326	99,2
2007	77,0	119,154	154,7	542,4	448,719	82,7	619,4	567,873	91,7
2008	70,1	53,221	75,9	485,6	449,713	92,6	555,7	502,934	90,5
2009	38,0	95,176	250,5	390	228,341	58,5	428,0	323,517	75,6
2010	27,4	38,529	140,6	310,7	273,025	87,9	338,1	311,554	92,1
2011	21,7	50,144	231,1	331,9	282,724	85,2	353,6	332,868	94,1
2012	21,0	46,442	221,2	389,8	339,127	87,0	410,8	385,569	93,9
2013	13,0	48,482	372,9	380,1	310,410	81,7	393,1	358,892	91,3
2014	0,1	52,883	-	393,0	289,522	73,7	393,1	342,405	87,1
2015	0,0	79,600	-	430,0	304,707	70,9	430,0	384,307	89,4
2016	0,0	8,819	-	455,8	431,893	94,8	455,8	440,712	96,7
2017	0,0	14,768	-	475,5	416,141	87,5	475,5	430,909	90,6
2018	1,8	13,000	-	391,0	374,926	95,9	392,8	387,926	98,8
2019	1,3	9,731	-	398,5	376,618	94,5	399,8	386,349	96,6
2020	1,2	9,260	-	388,8	360,889	92,8	390,0	370,149	94,9
2021	1,1	13,081	-	413,9	365,656	88,3	415,0	378,737	91,3
2022	1,4	23,218	-	557,6	500,984	89,8	559,0	524,202	93,8
2023	1,4	29,321	-	610,6	573,253	93,9	612,0	602,574	98,5
2024	0,0	0,158	-	700,0	494,830	70,7	700,0	494,988	70,7
2025	0,0	1,114	-	694,0	601,562	86,7	694,0	602,676	86,8

Несмотря на то, что в настоящий момент ресурсы западноберинговоморской популяции минтая продолжают оставаться ниже уровня, позволяющего вести крупномасштабный траловый промысел, после

закрытия в 2016 г. специализированного промысла в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. была отмечена тенденция роста ее ресурсов. По модельным оценкам специалистов «КамчатНИРО», уже к началу 2022 г. общая биомасса западноберинговоморского минтая составляла 582,2 тыс. т. В составе популяции появилось поколение 2019 г., которое, по полученным данным, можно отнести к среднечисленным.

В районе к востоку от 174° в.д. (Наваринский район) на протяжении последних трех десятилетий величина ОДУ существенно изменялась (табл. 5). Максимум (542,4 тыс. т) вылова в первом десятилетии был рекомендован в 2007 г., после чего он уменьшался до 2010 г. в связи со снижением ресурсов минтая.

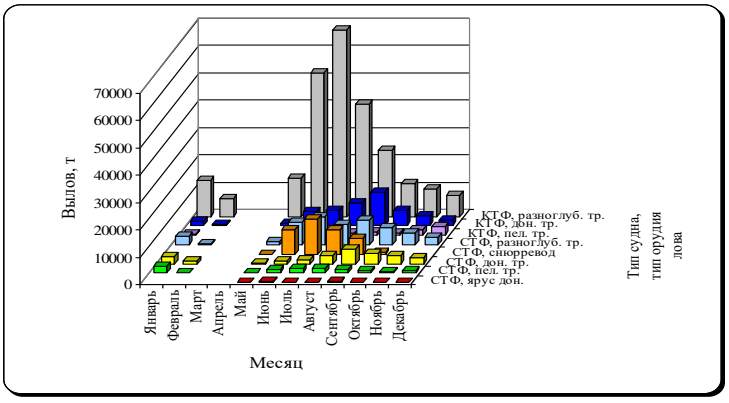
В 2011 г. допустимый улов в Наваринском районе был увеличен до 331,9 тыс. т (в связи со вступлением в промысловую часть популяции многочисленного поколения 2006 г.), а ОДУ в Западно-Беринговоморской зоне в целом – увеличен до 353,6 тыс. т. В 2012 г. ОДУ в Западно-Беринговоморской увеличен до 410,8 тыс. т, так как промысловая часть популяции пополнилась еще одним поколением (2008 г.), численность которого оценивалась выше среднего уровня. В 2013−2014 гг. ОДУ был несколько ниже, чем в 2012 г., так как численность поколения 2006 г. уменьшилась в результате естественной и промысловой убыли. В 2015−2017 гг. ОДУ был увеличен с 430,0 до 475,5 тыс. т в связи с пополнением промысловой части популяции многочисленным (2012 г.) и несколькими средними по численности поколениями, а в 2018−2021 гг. снижен из-за выбывания из промысловой части популяции поколения 2012 г. и других средних по численности поколений. В 2022 г. появилась тенденция роста биомассы восточно-беринговоморского минтая за счет многочисленного поколения 2018 г. и нескольких средних по численности поколений 2017, 2019 и 2020 гг. Поэтому ОДУ минтая в 2022 г. был увеличен до 559,0 тыс. т, в 2023 г. до 612,0 тыс. т, в 2024 г. до 700,0 тыс. т, а в 2025 г. снижен до 694,0 тыс. т.

Промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне ведется, главным образом, разноглубинными тралами в июне–декабре на нагульных скоплениях и в небольшом объеме в январе–феврале в период преднерестовых миграций (рис. 16).

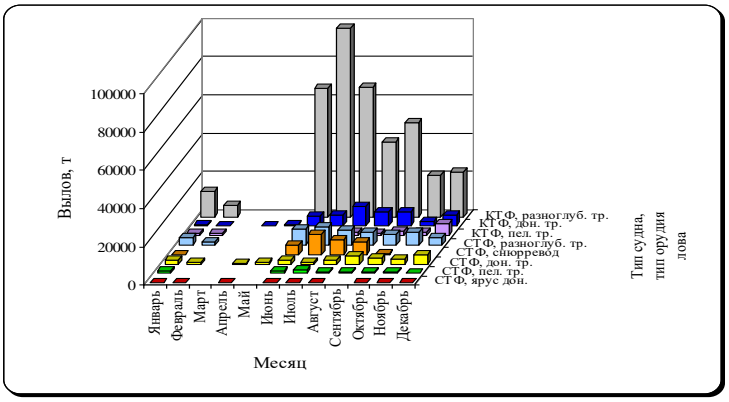
В летний период улов на усилие увеличивается и в течение основного периода промысла минтая (лето – начало осени) в северо-западной части Берингова моря (Наваринский район) находится на относительно стабильном уровне. Короткопериодная изменчивость уловов в течение летне-осеннего периода зависит от динамики сезонных нагульных миграций минтая восточно-беринговоморской популяции.

При экологических условиях, близких к среднемноголетним, максимум вылова приходится, как правило, на вторую половину лета – первую половину осени, что обеспечивается максимальным распространением минтая в Наваринский район в этот период. Однако в последние годы динамика вылова имеет иной характер – максимум вылова приходился на

середину летнего периода (рис. 17), что связано с относительно ранней обратной миграцией минтая из северо-западной части Берингова моря в юго-восточном направлении, в прилегающую восточную часть Берингова моря.



А)



Б)

Рис.16. Сезонная динамика вылова минтая (по типам судов и орудиям лова) в Западно-Беринговоморской зоне в 2024 (А) и 2025 (Б) гг.

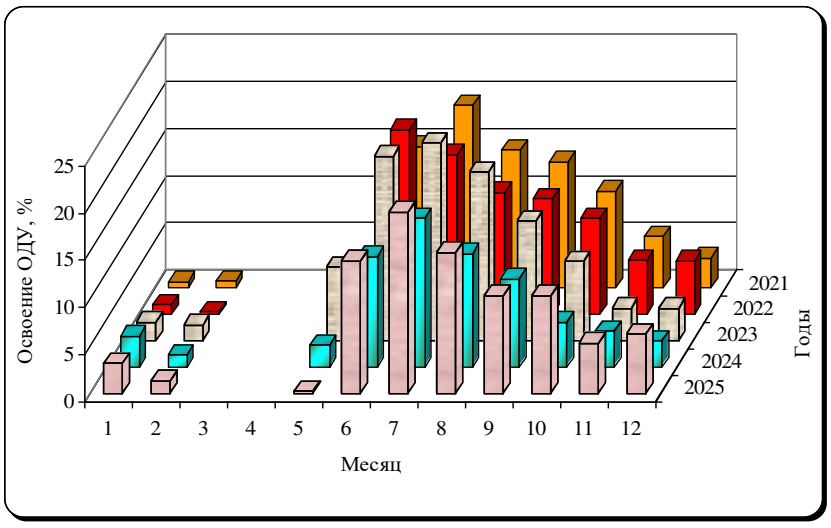


Рис. 17. Сезонное освоение ОДУ минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2017–2025 гг.

По многолетним данным, в Западно-Беринговоморской зоне (к востоку от 174° в.д.) в промысловых уловах преобладает минтай в возрасте 2+...5+ лет (рис. 18), на долю которого в отдельные годы может приходиться до 90% общей численности. Тем не менее, существует межгодовая изменчивость размерно-возрастного состава минтая, варьирующая в зависимости от численности поколений и масштаба распространения рыбы из прилегающих районов восточной части Берингова моря.

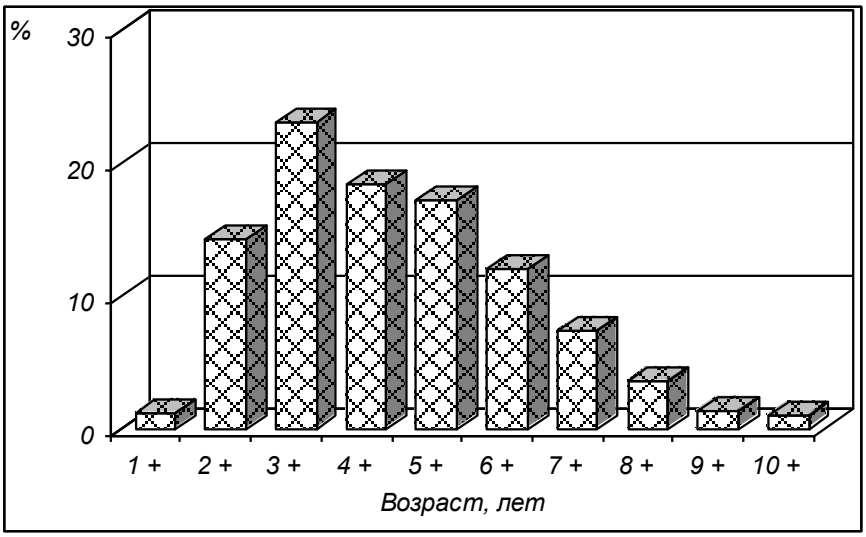


Рис. 18. Среднемноголетний возрастной состав минтая в промысловых уловах в Наваринском районе Берингова моря в 1995−2009, 2012, 2017−2025 гг., % по численности

В 2023 г. в Западно-Беринговоморской зоне в промысловых уловах размерно-возрастной состав минтая был мономодальным и идентичным в течение июля–августа (рис. 19). В уловах преобладали поколения 2017−2018 гг.; на их долю по численности в сумме приходилось 62,6%. Прилов минтая длиной меньше промысловой меры составлял 3,3%.

В летне-осенний период 2024 г. в промысловых уловах в Западно-Беринговоморской зоны преобладал минтай поколений 2017-2019 гг. в возрасте 5(+)-7(+) лет (59,7% общей численности); значимую долю в уловах (17,6%) составлял младшевозрастной минтай поколений 2021-2022 гг., прилов рыб меньше промысловой меры – 20,4%.

В июле–августе 2025 г. в промысловых уловах доминировал минтай 2017-2019 гг. рождения в возрасте 6(+)-8 (+) лет, на долю которого суммарно приходилось 57,8% общей численности, пополнение было представлено преимущественно поколением 2022 г. (7,6%). Средняя длина минтая в уловах – 45,6 см, прилов рыб длиной менее МПР не превышал 15,3% (рис. 19).

Улов минтая на промысловое усилие в Западно-Беринговоморской зоне значительно варьирует в межгодовом плане. В 2010-2013 гг., в соответствии с ростом ресурсов минтая, лов на усилие увеличивался, в 2014-2015 гг. он стабилизировался, что соответствовало стабилизации его ресурсов. В последующие годы рост улова на усилие (рис. 15) был связан не с ростом

ресурсов, а с увеличением масштаба распространения половозрелого минтая в северо-западную часть Берингова моря, в том числе в российские воды, в летний период из восточной части моря. Масштаб распространения увеличился, так как в эти годы для минтая стала доступной, из-за повышения температуры воды в придонном слое, центральная и северная часть Анадырского залива с потенциально высокой численностью зоопланктона крупной фракции.

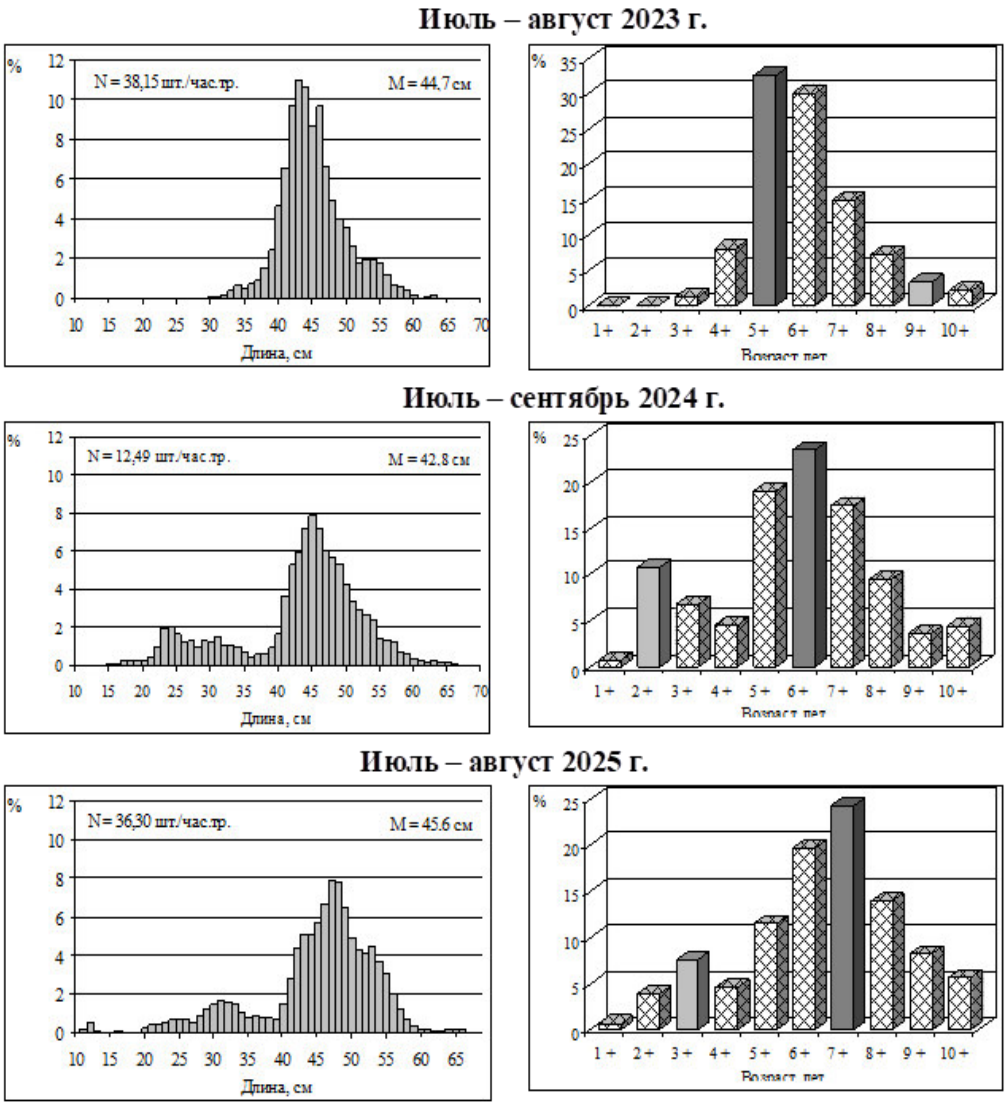


Рис. 19. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в Западно-Беринговоморской зоне в летне-осенний период 2023–2025 гг.

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 требует проводить ретроспективный анализ – это результаты применения модели с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, как доказательство устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности [Методические рекомендации…, 2018]. СКМ с UKS – это математическая модель динамики численности: когортная модель в пространстве состояний

со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана [Ильин, 2022]. Модели динамики биомассы основаны на тех же допущениях, что и модели динамики численности, поэтому их так же нужно проверять в ретроспективном анализе.

Таким образом, ретроспективный анализ состояния запаса и промысла проведён согласно требованиям приказа Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104. Последовательно укорачивая ряды наблюдений до 5 лет в прошлое для оценки показателя Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999] не обнаружили значимые смещения в каждый раз настроенных заново оценках SSB и F после обрезания входных данных последовательно на 1 год до 2020 г. (рис. 20, 21).

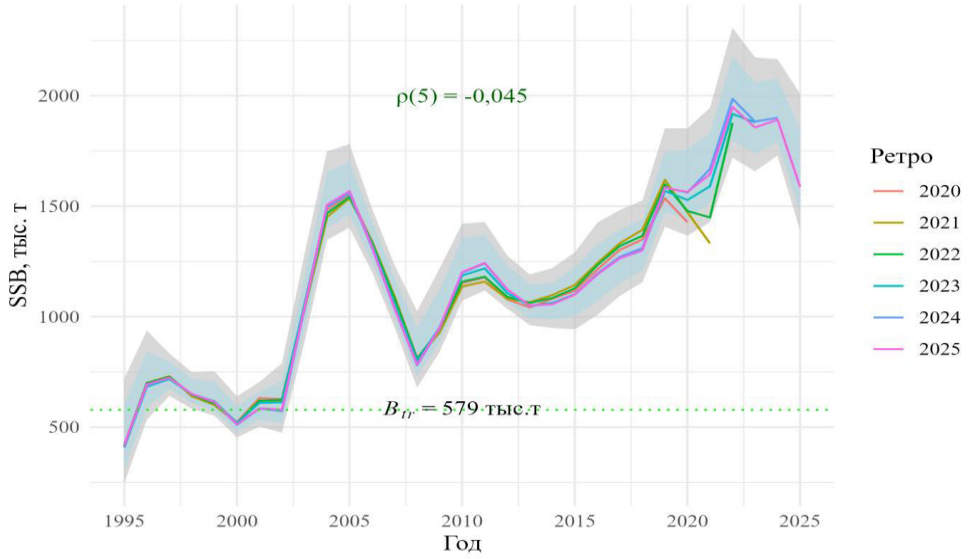


Рис. 20. Ретроспективный анализ нерестового запаса минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д.с оценкой показателя Мона за 5 лет – ρ(5), здесь и далее серой заливкой показан 95% доверительный интервал (C.I.),а синей 80% C.I.в СКМ с UKS

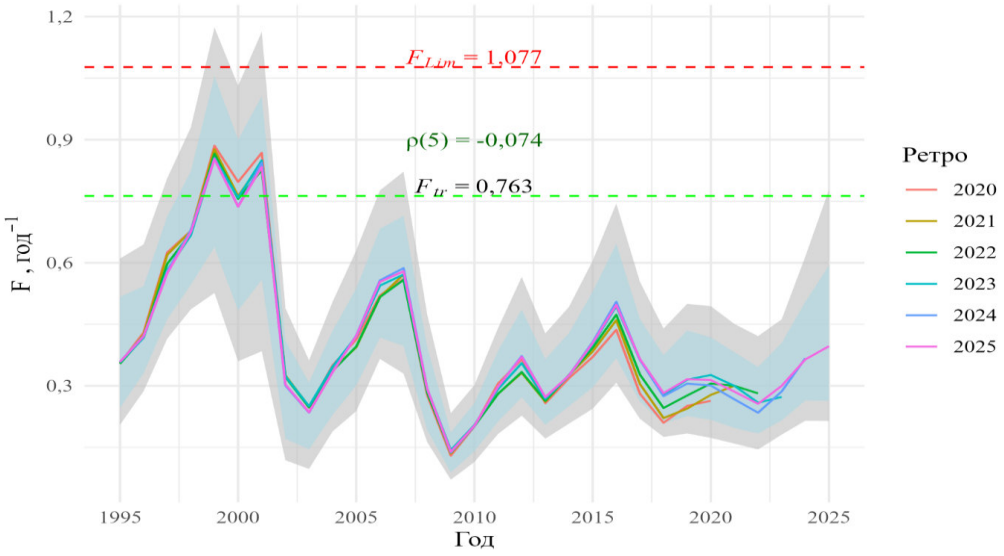


Рис. 21. Ретроспективный анализ промысла минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д.с оценкой показателя Мона за 5 лет в СКМ с UKS

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве состояний с UKS определены по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло с усреднением варьирующих параметров за последние 10 лет (табл. 6).

Таблица 6

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д.

	2,5%	**5%**	**25%**	**50%**	**75%**	**95%**	**97,5%**	**Среднее**	**SE**
F_{MSY}(Рикер), 1/год	0,391	0,462	0,646	0,812	1,014	1,497	1,685	0,862	0,324
$F_{45\%}$, 1/год	0,209	0,224	0,262	0,291	0,322	0,368	0,381	0,290	0,054
$F_{40\%}$, 1/год	0,253	0,270	0,322	0,358	0,400	0,461	0,478	0,359	0,070
$F_{35\%}$, 1/год	0,308	0,327	0,399	0,449	0,505	0,588	0,610	0,449	0,093
$F_{0.1}$, 1/год	0,302	0,320	0,362	0,391	0,424	0,474	0,486	0,390	0,063
F_{med}, 1/год	0,289	0,321	0,395	0,445	0,493	0,573	0,605	0,442	0,089
$F(B_{Loss})$	0,831	1,108	1,949	2,000	2,000	2,000	2,000	1,849	0,346
$F(B_{20.Bvir})$**= F_{Lim}**	0,596	0,660	0,901	**1,077**	1,259	1,557	1,641	1,082	0,291
$F(B_{25.Bvir})$**= F_{tr}**	0,467	0,502	0,656	**0,763**	0,880	1,054	1,110	0,766	0,186
B_{loss}, тыс. т	247	272	359	428	486	549	564	420	86
$B_{20.Bvir}$, тыс. т**= B_{tr}**	559	**579**	689	778	929	1346	1796	866	343
$B_{25.Bvir}$, тыс. т	698	724	860	972	1161	1677	2198	1077	400
B_{MSY}(Рикер), тыс. т	561	589	698	787	930	1236	1451	848	302
B_{med}, тыс. т	988	1043	1222	1362	1560	2246	2647	1470	492

Из числа указанных ориентиров в качестве триггерного ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали медиану оценки $F(B_{25.Bvir})$ = 0,763 год$^{-1}$, который близко к публикованному прокси F_{MSY} (F_{Max} = 0,75 год$^{-1}$) [Булатов, Васильев, 2023].

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали 50%-ый процентиль оценки $F_{0.1}$ (значение промысловой смертности, при котором наклон кривой устойчивого улова составляет 10% её наклона в начале координат). Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали медиану оценки $F(B_{20.Bvir})$ около 1,077 год$^{-1}$. Соответствующий 5% перцентиль распределения $B_{20.Bvir}$ = 579 тыс. т использован в качестве триггерного по биомассе. Величину F_0 приняли равной нулю.

В СКМ целевые или триггерные ориентиры определяются через прокси, коих может быть большое количество, поэтому их сначала нужно определить и только потом относительно них судить о состоянии запаса.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП минтая, цель которого — поддержание запаса на уровне выше перелова по пополнению (PRI), соответствующего B_{tr},

и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью, равной F_{tr}. Реализация ПРП представлена на рисунке 22.

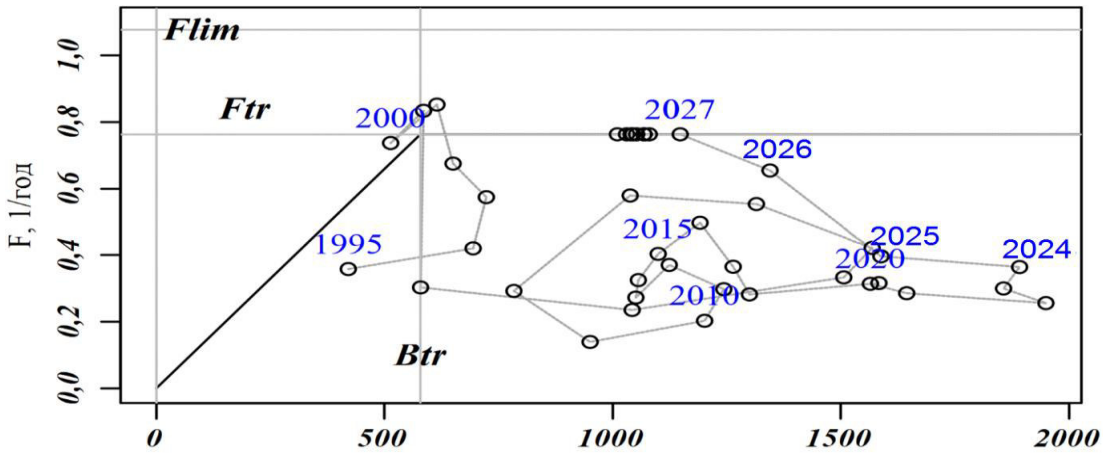


Рис. 22. Схема правила регулирования промысла

Аналитическая форма ПРП имеет вид:
$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,
$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim})$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,
$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] выполнен вероятностный прогноз состояния запаса и величины ОДУ минтая Западно-Беринговоморской зоны на 2027 г.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций (n=1000) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу за предыдущих 10 лет и долю половозрелых рыб по возрастам. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует предполагаемому улову, равному 590 тыс. т, что примерно равно максимальным уловам последних лет. Коэффициенты селективности и пополнение — средние за последние 2 года значения.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы представлены в таблице 7. На начало 2026 г. медианная оценка нерестового запаса составила 1344,8 тыс. т, а на начало 2027 г. - 1148,1 тыс. т. Оценка вероятности снижения SSB в 2026–2027 гг. ниже B_{tr} составила в среднем 26,1%.

Таблица 7

Статистические характеристики оценок SSB и возможного вылова (C) в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д. в 2026–2027 гг.

	5%	**25%**	**50 %**	**75%**	**95%**	**Средний**	**SE**
SSB_{2026}, тыс. т	927,640	1143,241	1344,796	1667,680	2498,768	1484,869	595,576
SSB_{2027}, тыс. т	402,506	732,309	1148,056	1915,264	4593,619	1622,254	1640,096
C(2027), тыс. т	158,877	387,174	**584,743**	960,185	2065,015	807,652	842,233

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Медиана нерестовой биомассы на начало 2027 г. соответствуют области эксплуатации запаса выше PRI ($SSB_{2027}>B_{tr}$). Согласно ПРП, рекомендуемое значение F_{reci} в 2027 г. составит 0,763 год$^{-1}$.

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$, где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно статистическим расчетам, медианная оценка ОДУ в 2027 г. может составить около 584,743 тыс. т со средней оценкой около 807,652±842,233 тыс. т, а верхняя граница межквартильного интервала ОДУ около 960,185 тыс. т. Эта граница является верхней границей 50% C.I., т.е. половина имитаций находилась внутри него, а 75% ниже данной границы.

Исходя из среднемноголетних данных о масштабе распространения минтая из Западно-Беринговоморской зоны в Чукотскую зону, полученного на основе промысловых данных (менее 1% по биомассе), ОДУ минтая для Чукотской зоны в 2027 г. предлагается на уровне 5,5 тыс. т, а для Западно-Беринговоморской зоны 579,2 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ минтая** в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах **в 2027 г.** составит 584,700 тыс. т, в том числе **в Западно-Беринговоморской зоне – 579,200 тыс. т, в Чукотской зоне – 5,500 тыс. т**. При этом **допустимо перераспределение объёмов общего допустимого улова минтая между Западно-Беринговоморской и Чукотской зонами без превышения суммарной величины общего допустимого улова минтая**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса минтая не опустится ниже триггерного ориентира по биомассе B_{tr} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 23). При интенсивности промысла в течение

10 лет на уровне триггерного ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению находится ниже 30%. Следовательно, стратегия управления с F_{tr}=0,763 год^{1}приемлема.

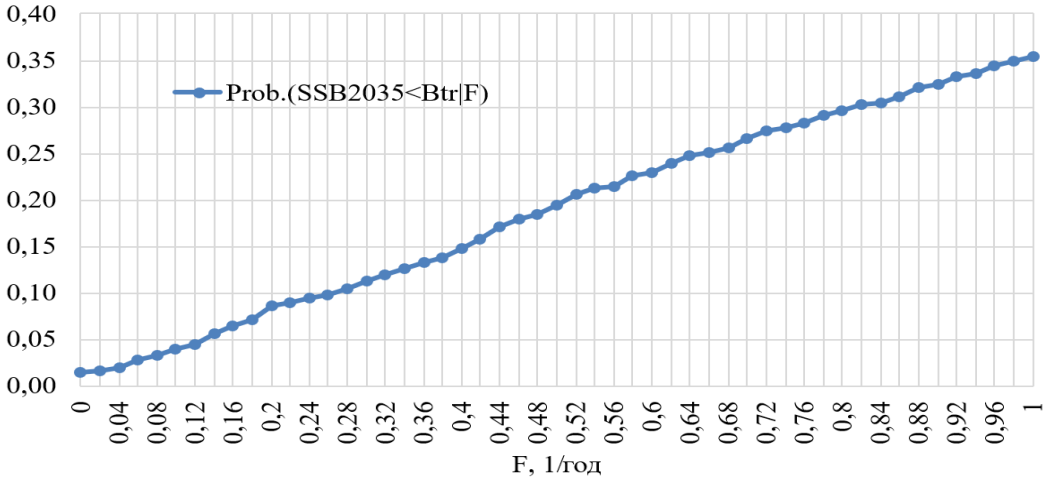


Рис. 23. Вероятность падения SSB минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д. ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

В рамках анализа рисков нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению ($SSB_{2028}<B_{Lim}$ или B_{tr}) при рекомендуемой величине ОДУ 585тыс. т в 2027 г. и улове 590 тыс. т в 2026 г. находится около 30% (рис. 24).

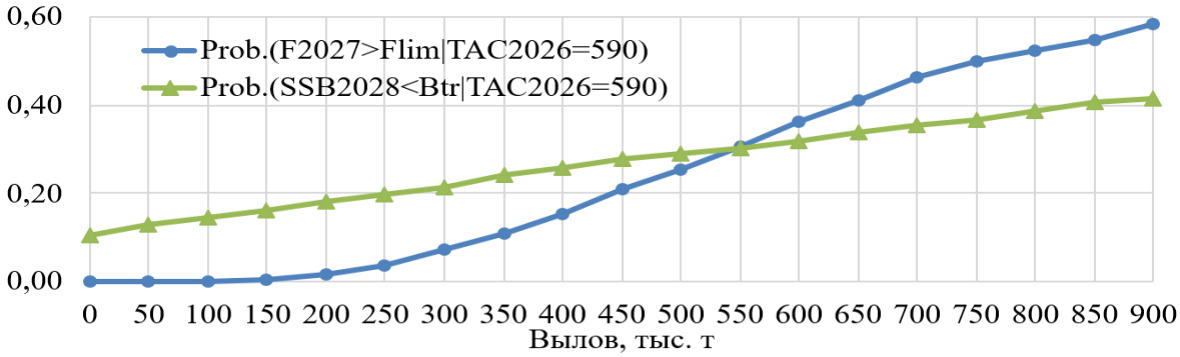


Рис. 24. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д.

Моделирование динамики SSB на 10 лет вперёд при средней за последние 10 лет величине пополнения и соблюдении ППП показывает, что SSB с высокой вероятностью будет выше PRI или B_{tr} (рис. 25).

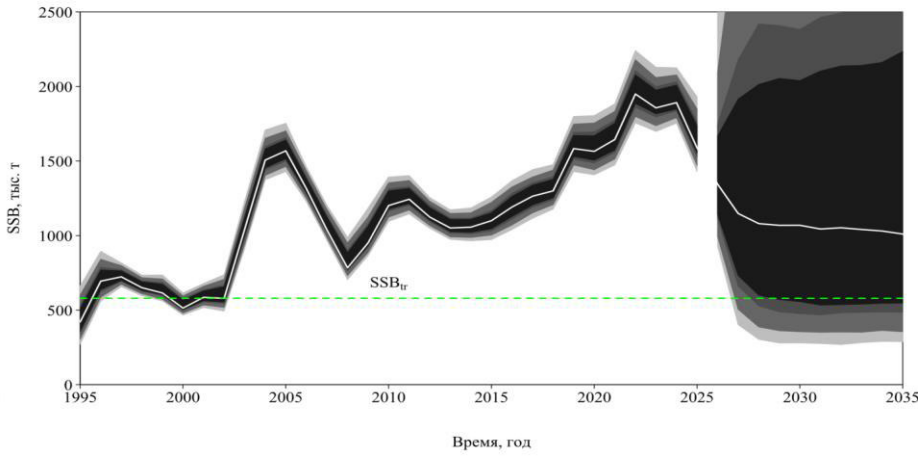


Рис. 25. Динамика биомассы нерестового запаса минтая при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия с просветлением серой заливки при расширении C.I. по следующим процентилям 50, 60, 80 и 90%

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 1995 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (10 лет), представлен на рисунке 26. Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки ОДУ показал, что она приемлема.

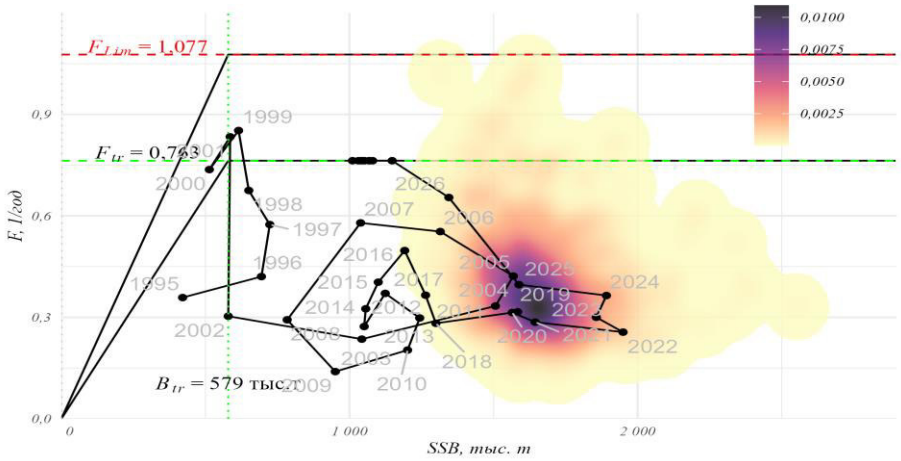


Рис. 26. Состояние запаса и промысла в 2025 г. и реализация ПРП минтая в Западно-Беринговоморской зоне восточнее 174° в.д.

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: А.И. Варкентин, О.И. Ильин, Е.В. Баталова, Д.Я. Саушкина («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки текущего и перспективного состояния запасов западноберинговоморского минтая, обоснования ОДУ на 2027 г. положены:

— биостатистические материалы, собранные специалистами «КамчатНИРО» из промысловых уловов донным тралом в Карагинской подзоне в августе 2025 г. на МРКТМ «Борис Трофименко» и в ноябре на СРТМ «Виктория» (количество тралений — 9, массовых промеров (МП) минтая — 266 экз.; полных биологических анализов (ПБА) — 30 экз.);

— данные, собранные специалистами «КамчатНИРО» из промысловых уловов разноглубинным тралом в августе–сентябре 2025 г. на МРКТМ «Борис Трофименко», в октябре–декабре на СРТМ «Виктория», в январе и сентябре–декабре на рыбоперерабатывающем предприятии РК им. В.И. Ленина (количество тралений — 68, МП — 3310 экз., ПБА — 222 экз.);

— биостатистические материалы, собранные специалистом «КамчатНИРО» из промысловых уловов снюрреводом в сентябре–ноябре 2025 г. на РС «Малки-2» и п/з «Святой Владимир» (количество промысловых операций — 82, МП — 10075 экз.);

— результаты ихтиопланктонной съемки, сопровождавшейся контрольными тралениями, выполненной в Карагинской подзоне в мае 2025 г. на НИС «Дмитрий Песков» (рис. 27) (количество станций — 62, тралений — 5, МП — 1242 экз.);

— многолетние биостатистические данные с 1970 г., результаты ихтиопланктонных и донных траловых съемок, выполненных в прежние годы;

— данные о вылове и структуре промысла из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) за 2025 г. Для доступа к ОСМ и обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что часть годового вылова минтая в Карагинской подзоне не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД. В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП). При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове минтая получали по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Информацию об общем вылове минтая в 2012–2024 гг. в Карагинской подзоне, полученную ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности, размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях,

стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

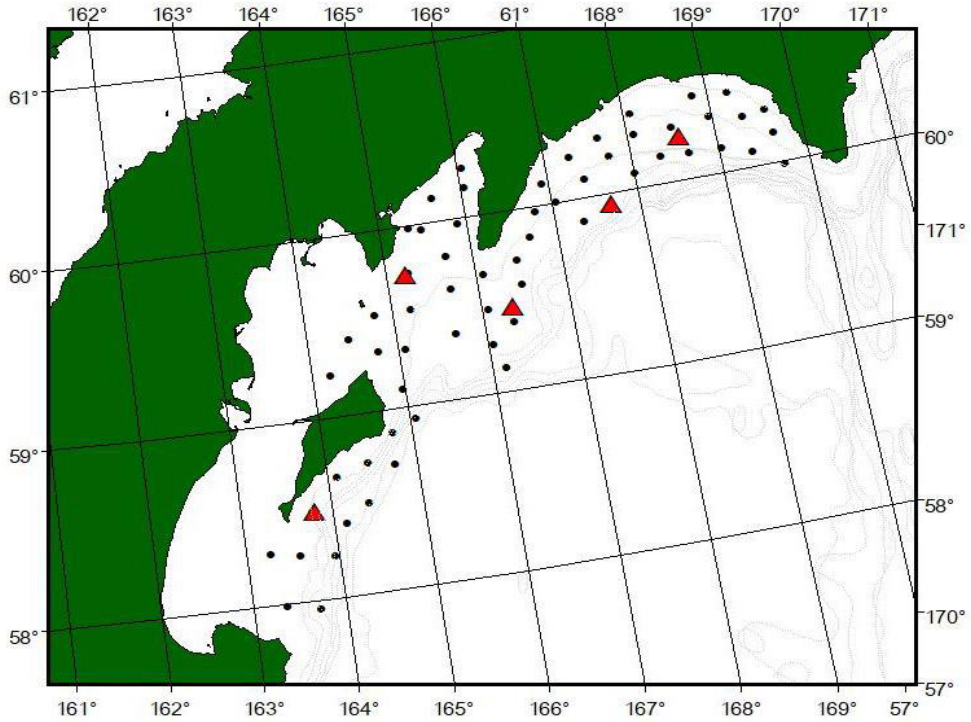


Рис. 27. Схема станций ихтиопланктоннй съемки, сопровождавшейся контрольными тралениями, выполненной на НИС «Дмитрий Песков» в мае 2025 г. в Карагинской подзоне (черные круги — ихтиопланктонные станции, красные треугольники — контрольные траления)

Для западноберинговоморского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам с 1970 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., оценки нерестового запаса по результатам ихтиопланктонных съемок, выполненных в 2001, 2002, 2018, 2020, 2023, 2025 гг. В качестве дополнительной информации есть сведения об индексах общей численности и биомассы, размерно-возрастном составе минтая на стандартном полигоне, полученные по результатам донных траловых съемок в 2012, 2016, 2019–2020, 2024 гг.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

В 2008–2021 гг. для оценки запасов западноберинговоморского минтая использовалась модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. С 2022 г. применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (UKS) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель

«Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности - экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp\left(r_{1t} r_{2t} (r_{3t} - a)\right)}{1 - r_{2t}\left[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))\right]},$$

где: $r_{1t} r_{2t}, r_{3t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,14}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}\right]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,14}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3\right]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t — индексы запаса.

При моделировании запаса западноберинговоморского минтая предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$;

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой и общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$ и $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ по ихтиопланктонным и траловым съемкам соответственно;

— коэффициент улавливаемости q_3=1,0.

Для коэффициента естественной смертности западноберинговоморского минтая выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.25, 0.2^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Диагональные элементы ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ зависят от возраста рыб кусочно-линейно, корреляционная структура матрицы $\sum_C$ - типа авторегрессии первого порядка AR (1) при одинаковых диагональных элементах.

Исходные данные для модели следующие:

— матрица вылова (тыс. экз.) западноберинговоморского минтая по возрастным группам (2-15 лет) в 1970–2025 гг., рассчитанная по многолетнему размерно-возрастному ключу, с использованием оценок

возраста по отолитам (более 18 тыс. определений), составленная отдельно для первого и второго полугодий;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 28);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе-марте (рис. 28); фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

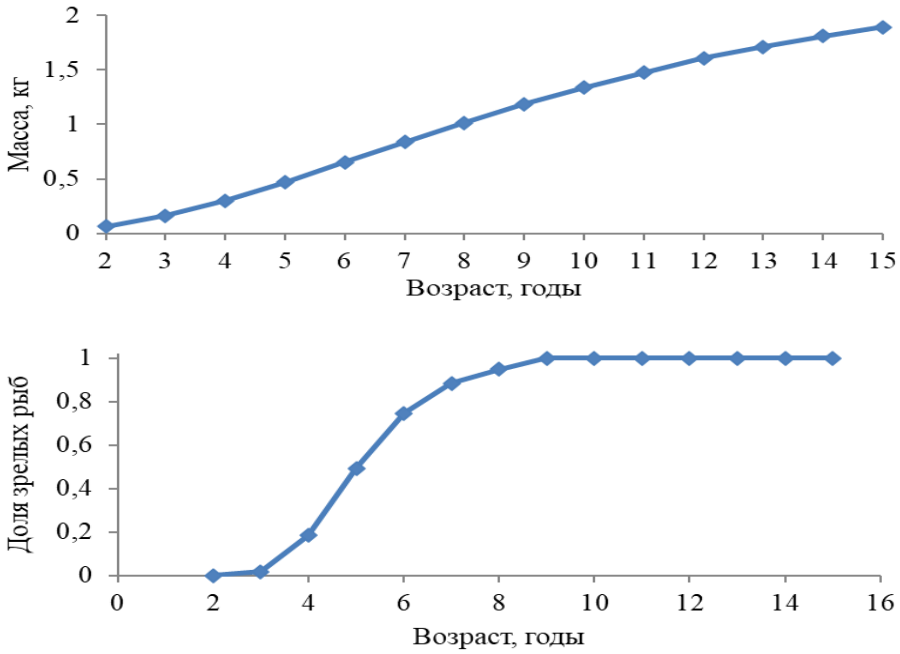


Рис. 28. Исходные данные для модели. Средняя масса рыб (вверху), доля половозрелых рыб (внизу) по возрастным группам

В качестве настроечных индексов в модели использованы:

— уловы на единицу усилия крупнотоннажных судов типа БАТМ «Пулковский меридиан» (разноглубинный трал (данные ОСМ 2003–2024 гг.);

— оценки нерестового запаса по результатам ихтиопланктонных съемок, выполненных в 2001, 2002, 2018, 2020, 2023, 2025 гг.

Икорные съемки — один из основных способов изучения воспроизводства и оценки численности репродуктивной части популяций минтая посредством учёта развивающихся в воде эмбрионов с последующим расчётом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др., 1987; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002; Балыкин, Варкентин, 2006]. Для расчета нерестового запаса минтая уловы икры по станциям сначала пересчитывали на 1 $м^2$. Уловистость сети принимали равной 1. Далее, с помощью программы ГИС «КартМастер 4.1» для каждого стандартного по площади полигона (Кроноцкий, Авачинский заливы, Юго-Восток Камчатки и Северные Курилы) оценили общее количество учтенной икры по стадиям развития. Данные интерполировали методом «2D-Сплайн аппроксимации».

Продолжительность эмбриогенеза определяли по формуле А.В. Буслова и Н.П. Сергеевой [2009], полученной ими для «северных» популяций минтая:

$T = 32{,}245e^{(-0{,}1682t)}$, где:

T – продолжительность эмбрионального развития, сут.,

t – температура воды, ºС.

Для расчета средней температуры воды по результатам съемки рассчитывали средневзвешенное к количеству икры минтая в пробах значение в слое 0–50 м.

Соотношение продолжительности стадий развития икринок в течение эмбриогенеза принимается равным: стадия дробления (I) - 17%, стадия зародышевой полоски (II) - 26%, стадия неоформившегося эмбриона (III) - 39%, стадия оформившегося эмбриона (IV) - 18% [Буслов, Сергеева, 2009].

Изменение суточной продукции начальной стадии развития за нерестовый сезон аппроксимировали функцией Гаусса [Зайцев, 1984]. Дату начала нереста определяли по поимке производителей с текучими либо выметанными половыми продуктами. Пик нереста устанавливали по соотношению в пробах икры разных стадий. За окончание нереста условно приняли конец мая. Проинтегрировав площадь под кривой, получили общее количество икры, выметанное производителями за нерестовый сезон.

Для перехода от общего количества выметанной икры к биомассе производителей использовали сведения о биологических показателях рыб: индивидуальной абсолютной плодовитости средней самки, соотношении полов, средней массе половозрелых рыб [Качина, Сергеева, 1978]. Указанные данные получали по результатам контрольных тралений. Нерестовый запас пересчитывали на начало года, для чего к полученному на предыдущем этапе значению прибавляли количество выловленных до начала съемки производителей.

Размерный состав минтая по результатам контрольных тралений, выполненных во время ихтиопланктонных съемок, определяли взвешенно к уловам на 1 час траления в количественном выражении.

Начиная с 1958 г., в Карагинской подзоне регулярно проводились стандартные учетные съемки донным тралом. В 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, а в 2012 г. они были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). В 2022–2023 гг. донные траловые съемки не проводились. Последняя результативная съемка выполнена в августе–сентябре 2024 г.

Минтай также учитывался во время этих съемок, но поскольку они ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал, трески, наваги и др.) и беспозвоночных (крабов), результаты съемок в отношении этого вида нерепрезентативны и как индексы состояния запаса для настройки модели не используются, но, тем не менее, в качестве дополнительной информации приводятся в обосновании. В частности, интерес представляет размерно-возрастной состав минтая в учетных

тралениях, выраженный в относительных величинах, поскольку он позволяет сделать предположение об урожайности ближнего и дальнего пополнения.

Учитывая вышеизложенное, все донные траловые съемки, начиная с 2012 г., стандартизировали по полигону общей площадью 26,9 тыс. км^2. Размеры полигона определяли таким образом, чтобы в него вошло максимальное количество станций. Плотность рыб и величину запасов на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcVeiw Gis 3.3. При оценке запаса коэффициент уловистости принимали за 1.

В итоге, к рассмотрению в настоящим обосновании приняты результаты донных траловых съемок, выполненных в 2012, 2016, 2019–2020, 2024 гг. Что касается съемки 2021 г., то в обосновании приведен только размерный состав минтая.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промысел минтая в западной части Берингова моря в границах Карагинской подзоны и Западно-Беринговоморской зоны на акватории к западу от 174° в.д. базируется на эксплуатации ресурсов западноберинговоморской популяции этого вида. Центром воспроизводства рыб данной группировки являются зал. Олюторский и Карагинский. В период нагула минтай распространяется в западную глубоководную часть моря и Западно-Беринговоморскую зону [Балыкин, 1981; Шунтов и др., 1993]. Районы зимовки минтая западноберинговоморской популяции приурочены к подводным каньонам и другим неровностям материкового склона, где ощущается подток теплых глубинных вод и в декабре–марте его скопления отмечаются на крайнем шельфе и над свалом глубин у п-ова Озерной, о-ва Карагинский, Олюторского залива [Балыкин, 1981, 2006]. В годы низкой численности его скопления обнаруживаются на шельфе до глубины 20 м только в южной части Олюторско-Наваринского района, к западу от 176° в.д. При высоком уровне запаса район нагула распространяется в восточном направлении вплоть до м. Наварин и значительные концентрации отмечаются к востоку от 174° в.д., где он смешивается с минтаем, происходящим с восточноберинговоморских нерестилищ [Фадеев, 1988; Шунтов и др., 1993], либо с «местным» минтаем, происходящим из северо-восточной части моря [Балыкин, 1981]. Во второй половине 1980-х гг. в Западно-Беринговоморской зоне в зимние месяцы вылов считали до 174° в.д., в летние - до 176° в.д. В настоящее время восточной границей распространения западноберинговоморского минтая признается 174 восточный меридиан.

По сложившейся практике, рекомендованный в прогнозный год вылов минтая сначала определяется для всей популяции, а затем разделяется на 2 части - ОДУ в Карагинской подзоне и вылов в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. В свою очередь, ОДУ минтая в Западно-

Беринговоморской зоне также складывается из двух составляющих: рекомендованного вылова на акватории к западу и востоку от 174° в.д.

Состояние запаса. По результатам ихтиопланктонной съемки, выполненной в мае 2025 г., учтено 42,104 трлн икр. минтая (табл. 8). 6,5% икринок находились на I стадии развития, 40,1% — II стадии. Доля эмбрионов на III и IV стадиях равнялась 50,7 и 2,7% соответственно. Максимальная концентрация на всех стадиях развития (10124 шт./м^2) отмечена над глубиной 112 м в южной части Олюторского залива, в районе п-ва Говена (рис. 29). Результаты расчета суточной продукции икры представлены в таблице 9.

Таблица 8

Количество учтенной икры минтая (× 10^{12} шт.) на полигонах Карагинского и Олюторского заливов, по результатам ихтиопланктонной съемки в мае 2025 г.

Полигон	Период	Площадь, км^2	Кол-во станций	Стадии развития				Общее кол-во икры
				I	II	III	IV	
Карагинский и Олюторский заливы	1-13 мая	28408	62	3,425	18,567	19,03	1,082	42,104

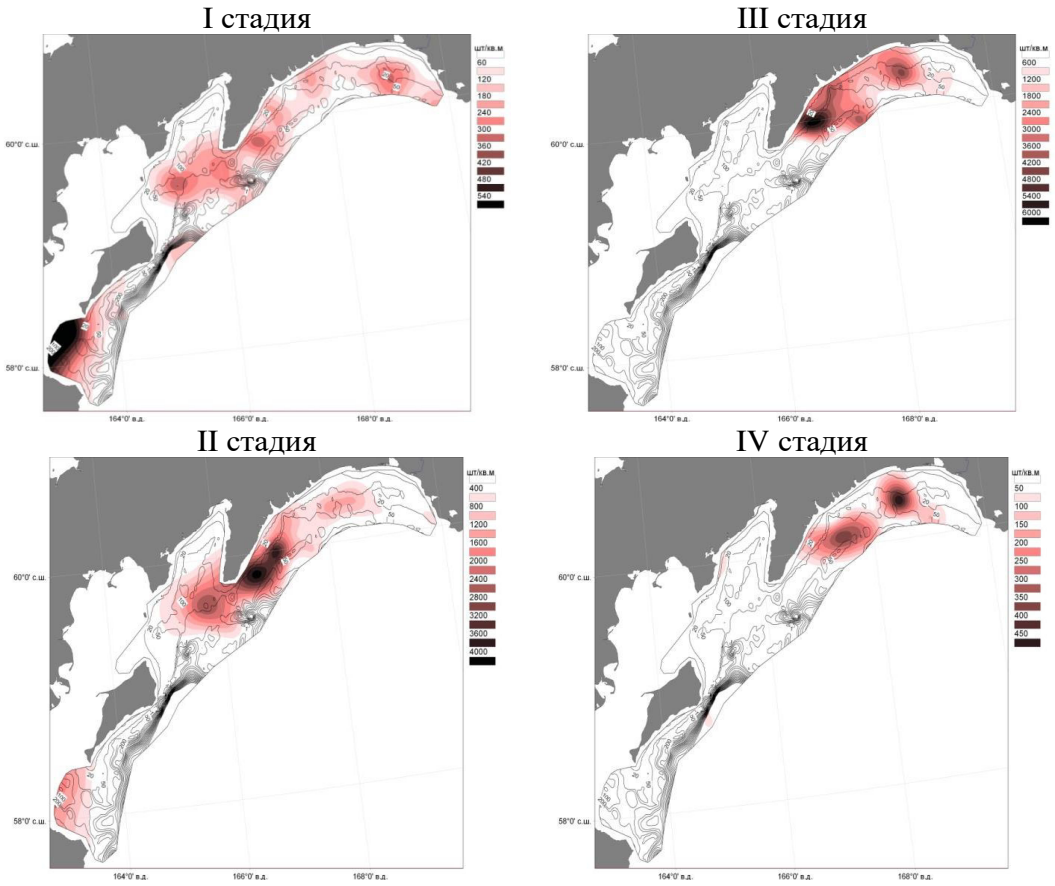


Рис. 29. Распределение икры и личинок минтая разных стадий развития в Карагинском и Олюторском заливах в мае 2025 г.

Таблица 9

Суточная продукция икры минтая в Карагинском и Олюторском заливах, по результатам ихтиопланктонной съемки в мае 2025 г.

Средняя дата съемки	Дата пика нереста	Средняя температура воды, °С	Суточная продукция икры I стадии, $\times 10^{12}$ шт.	Продукция икры I стадии, $\times 10^{12}$ шт.	Продукция икры I–IV стадий, $\times 10^{12}$ шт.
07.05	27.04	-0,66	0,341	8,486	91,957

С учетом выловленных до начала съемки рыб, в 2025 г. нерестовый запас оценен в 504,9 тыс. т, что выше, чем в 2023 г., но существенно ниже, чем в 1980–1990-х гг. (рис. 30). Результаты 2025 г. продемонстрировали тенденцию роста ресурсов западноберинговоморского минтая.

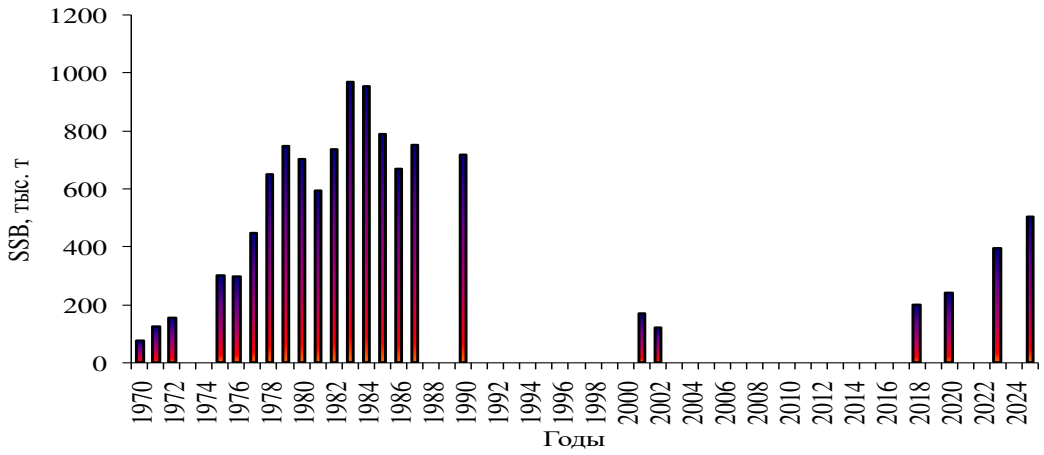


Рис. 30. Межгодовая динамика нерестового запаса западноберинговоморского минтая по результатам учетных ихтиопланктонных съемок

Сведения о размерно-возрастном составе минтая по результатам контрольных тралений во время четырех последних ихтиопланктонных съемок представлены на рисунке 31. В 2020 г. в уловах доминировали рыбы в возрасте 3 года поколения 2017 г. Особи этого же годового класса составляли основу уловов и весной 2023 г., что свидетельствует о повышенной урожайности поколения. В 2025 г. основу уловов составляли рыбы двух размерных групп: 8-10 см (26,6%) и 41-46 см (32,6%). В возрастном составе преобладали годовики поколения 2024 г. (38,6%) и 6-годовики 2019 г. (17,4%). Поколение 2024 г. предварительно можно оценить как урожайное.

По результатам последней донной траловой съемки в августе–сентябре 2024 г., минтай отмечен практически во всех тралениях, а наибольшие концентрации были зарегистрированы в Олюторском заливе (рис. 32).

Относительное количество этого вида по массе в отдельных тралениях достигало 98,6%, а в среднем составляло 70,2%. Уловы на 1 час траления не превышали 6033 кг, при среднем значении, равном 821 кг. В среднем, по всему полигону плотность рыб была равна 14,667 тыс. экз./км^2 или 7,959 т/км^2 (табл. 10).

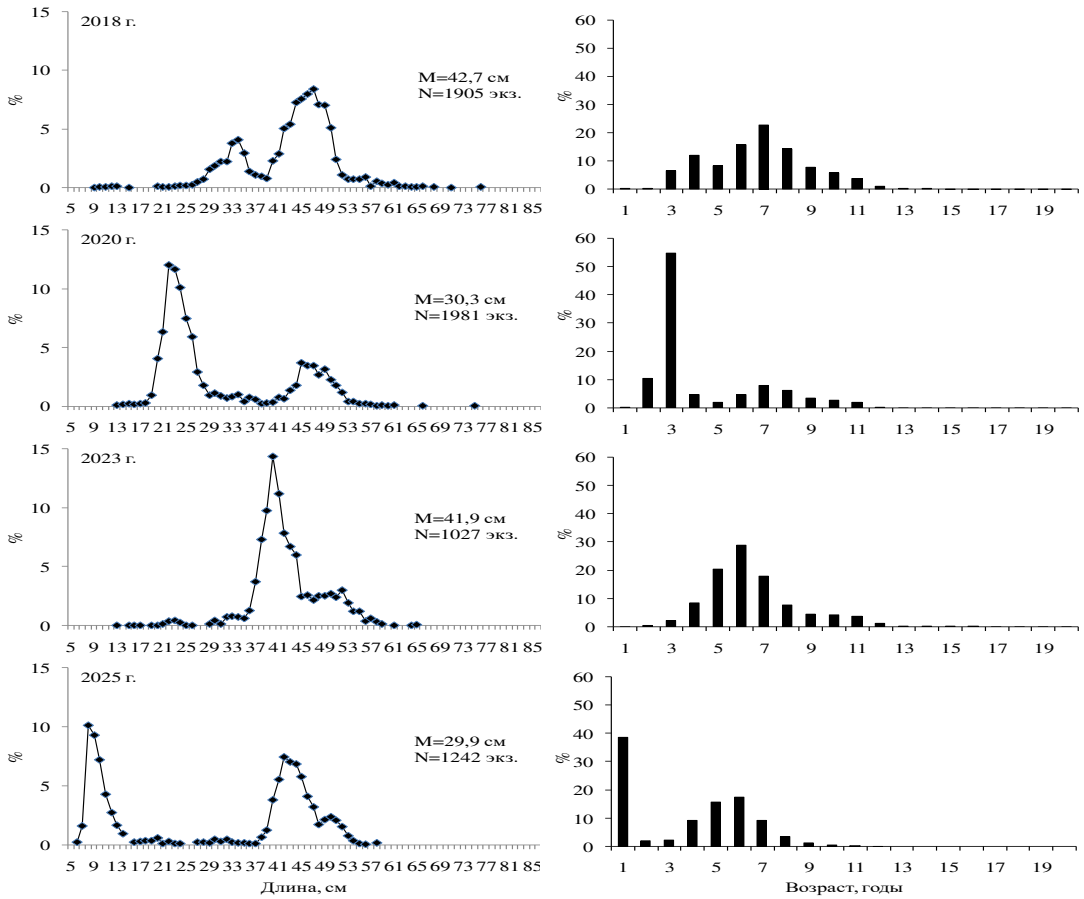


Рис. 31. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам контрольных тралений, выполненных разноглубинным тралом во время ихтиопланктонных съемок в Олюторском и Карагинском заливах в весенний период

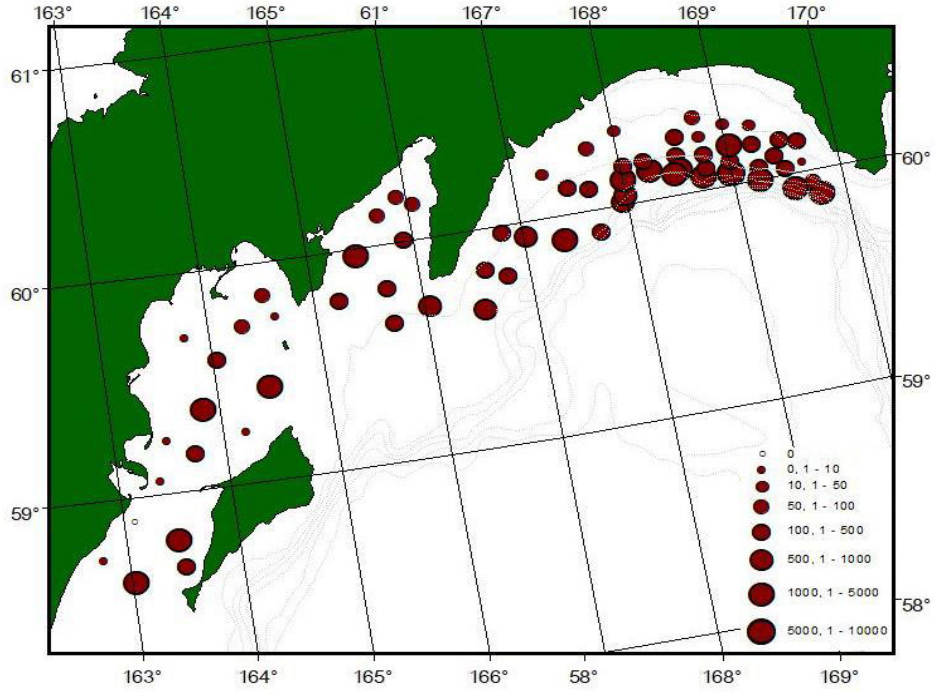


Рис. 32. Распределение уловов минтая на стандартном полигоне на единицу усилия в Карагинской подзоне, кг/час траления. По результатам донной траловой съемки в августе–сентябре 2024 г.

Таблица 10

Межгодовая динамика средней плотности распределения, индексов общей численности и биомассы (Ку=1) минтая на стандартном полигоне в Карагинской подзоне, по результатам донных траловых съемок

Год	Средняя плотность,		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км^2	т/км^2		
2012	11,181	4,364	300,85	117,433
2013	—	—	—	—
2014	—	—	—	—
2015	—	—	—	—
2016	10,924	2,728	293,936	73,391
2017	—	—	—	—
2018	—	—	—	—
2019	39,642	20,426	1066,618	549,593
2020	104,484	14,040	2811,322	377,779
2021	—	—	—	—
2022	—	—	—	—
2023	—	—	—	—
2024	14,667	7,959	394,642	214,143
2025	—	—	—	—

В межгодовом аспекте, эти показатели были ниже, чем в 2019–2020 гг., но выше, чем в 2012, 2016 гг.

Всего на стандартном полигоне в 2024 г. индекс общей численности составил 394,642 млн экз., биомассы — 214,143 тыс. т минтая, что существенно ниже, чем в 2019–2020 гг.

Как уже говорилось выше, донные траловые съемки ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал, трески, наваги и др.) и промысловых беспозвоночных (крабов), обитающих либо непосредственно на дне, либо в придонном слое высотой до 1 м. Именно поэтому в расчетах вертикальное раскрытие принимается равным 1 м, тогда как на самом деле оно в несколько раз больше (4–6 м). Минтай также учитывается во время донных съемок. По литературным данным [Шунтов и др., 1993], в пелагиали, как правило, обитает молодь этого вида, а средне- и крупноразмерные особи больше тяготеют к придонным слоям воды. Судя по эхозаписям, высота придонного слоя, в котором обитает минтай, может достигать 5–10 м. Учитывая вышеизложенное, с одной стороны, полученные только по донным съемкам оценки ресурсов минтая характеризуют лишь часть запаса, поэтому, они заведомо занижены. С другой стороны, напротив, результаты донных траловых съемок по описанным выше причинам, в отношении пелагических видов рыб (минтай, мойва, сельдь и др.) могут быть завышены, если в расчетах традиционно использовать вертикальное раскрытие, равное 1, поскольку фактически минтай обитает в придонном слое высотой до 10 м, а облавливается тралом в слое высотой до 4–6 м от дна. Поэтому, к абсолютным оценкам запаса следует относиться критически.

По этой причине в модельных расчетах оценки биомассы в качестве индекса не используются.

Размерно-возрастной состав минтая по результатам донных траловых съемок на стандартном полигоне представлен на рисунке 33. Видно, что в 2020 и 2021 гг. в уловах абсолютно доминировали сеголетки этого вида (40,6 и 36,2% соответственно). Рыбы генерации 2020 г. имели повышенную долю и в 2024 г., а доминировали 2-летние особи поколения 2023 г.

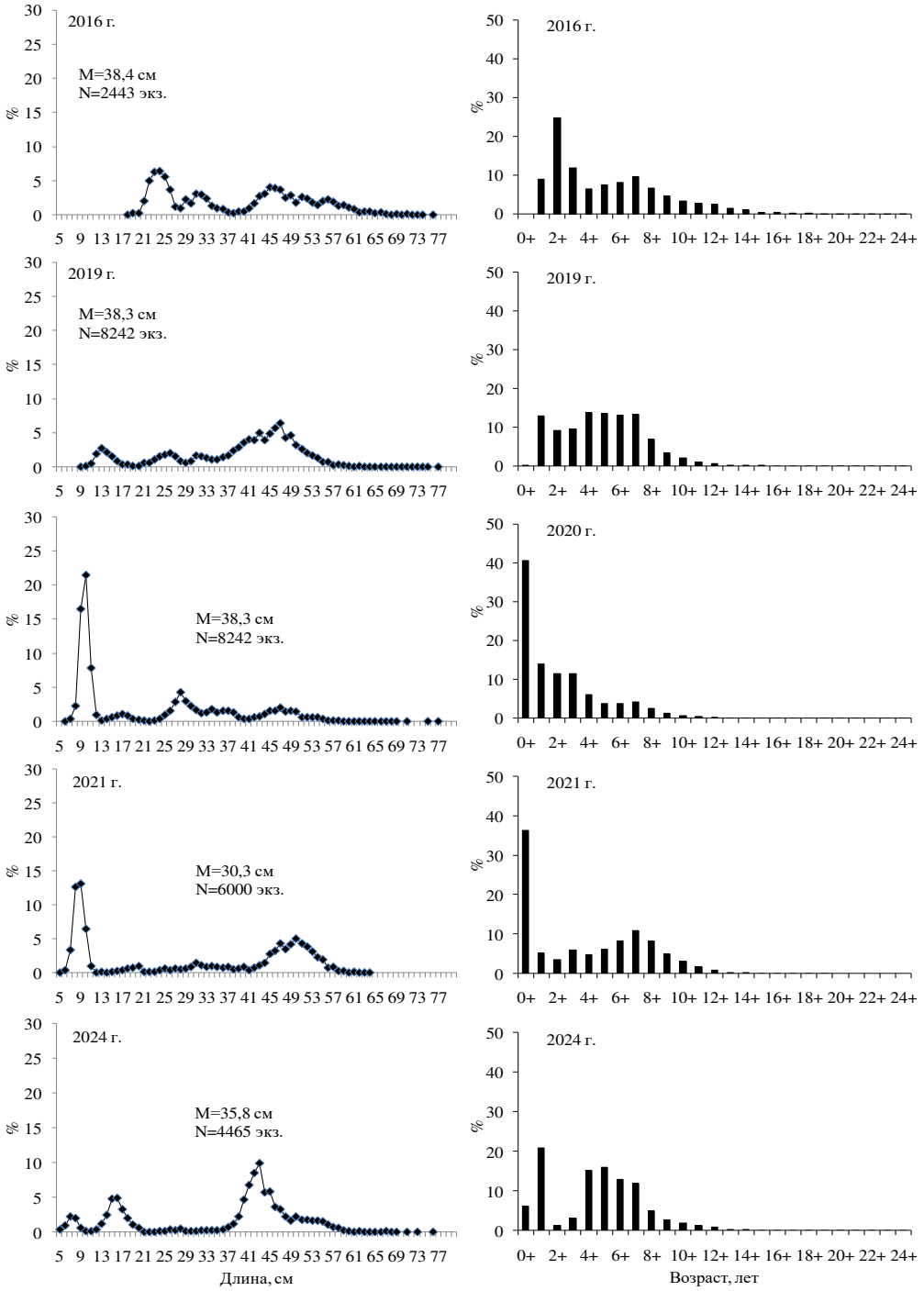


Рис. 33. Размерный и возрастной состав западноберинговоморского минтая по данным донных траловых съёмок в Карагинской подзоне на стандартном полигоне

По модельным оценкам, на начало 2025 г. общий запас западноберинговоморского минтая составил 1037,9 тыс. т, нерестовый — 583,2 тыс. т, а промысловый — 659,6 тыс. т (рис. 34–35). После депрессивного состояния запаса в 1990-х — начале 2000-х гг., вследствие введения запрета в 2002–2006 гг. на специализированный промысел минтая в Карагинской подзоне, ресурсы этой популяции возросли. Рост запаса подтверждался как результатами прямых учетов, так и расчетами в рамках теории рыболовства. Однако увеличение запаса было кратковременным. Темпы снижения запасов минтая после 2007 г. оказались более высокими, чем считалось ранее, что связано с отсутствием в последние годы урожайных поколений (рис. 35), а также, очевидно, повышенным прессом промысла.

Из-за систематического перелова ОДУ в 2007–2015 гг. коэффициент промысловой смертности превышал граничный ориентир по промысловой смертности F_{tr} (рис. 36). После 2016 г. вылов минтая в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. заметно снизился, промысловая смертность была ниже целевого ориентира. В настоящее время запасы западноберинговоморского минтая находятся на среднем уровне с тенденцией к росту после 2016–2017 гг.

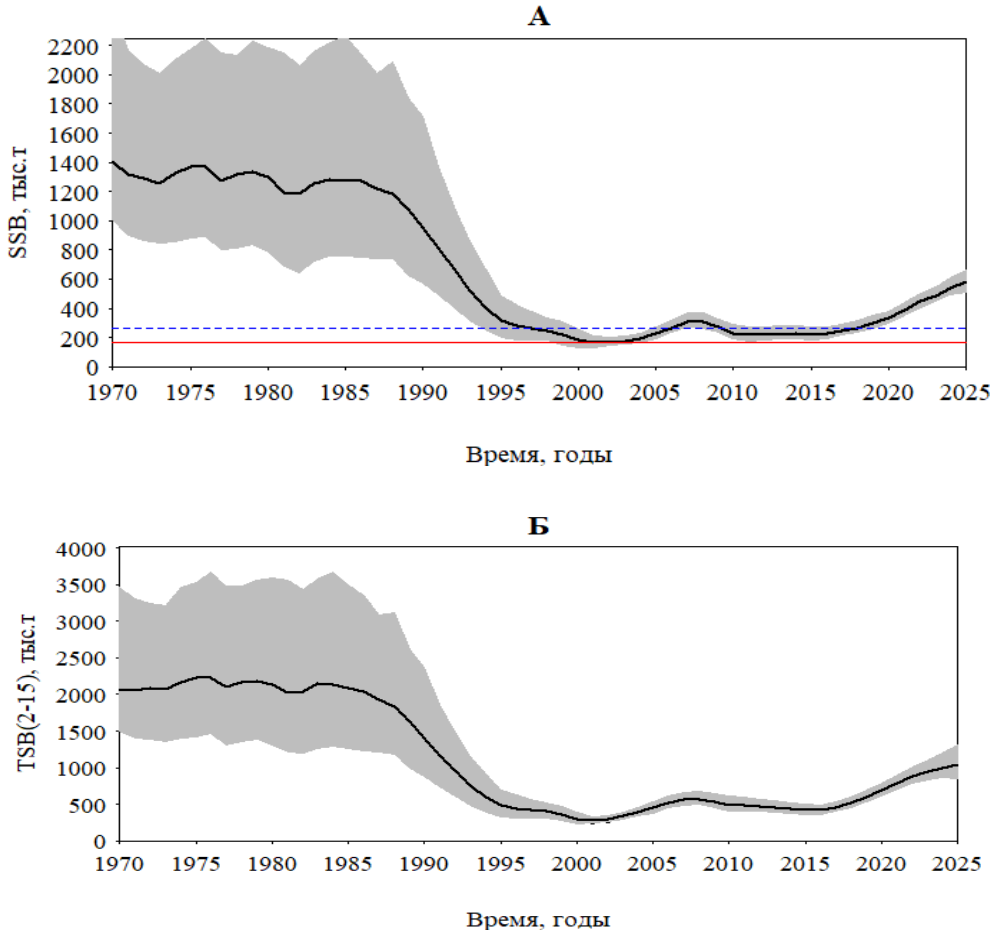


Рис. 34. Межгодовая динамика биомассы нерестового (SSB) (А) и общего (TSB) (Б) запаса западноберинговоморского минтая (серым цветом выделены 90% доверительные границы; синий пунктир- целевой ориентир по нерестовой биомассе, красная линия - граничный ориентир по нерестовой биомассе)

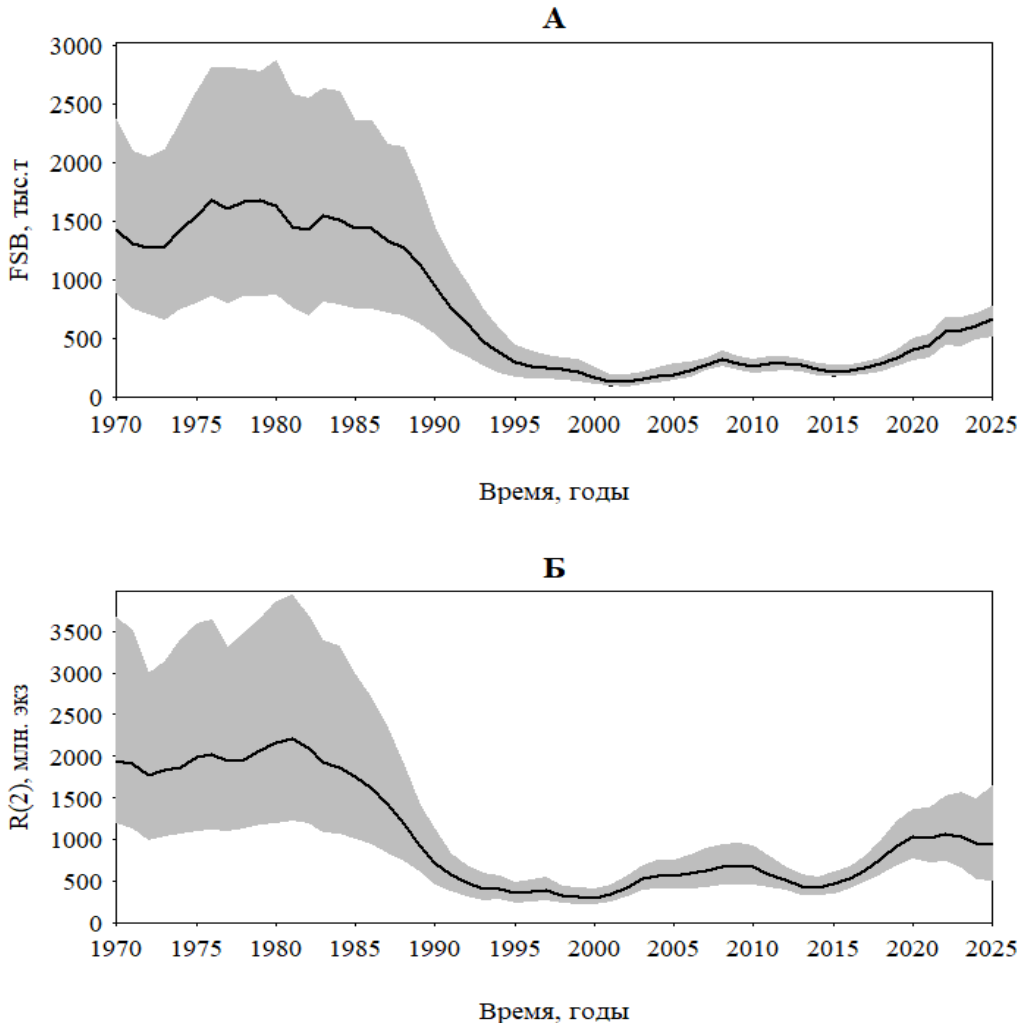


Рис. 35. Межгодовая динамика биомассы промыслового запаса (FSB) (А) и численности пополнения (R(2)) (Б) западноберинговоморского минтая. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

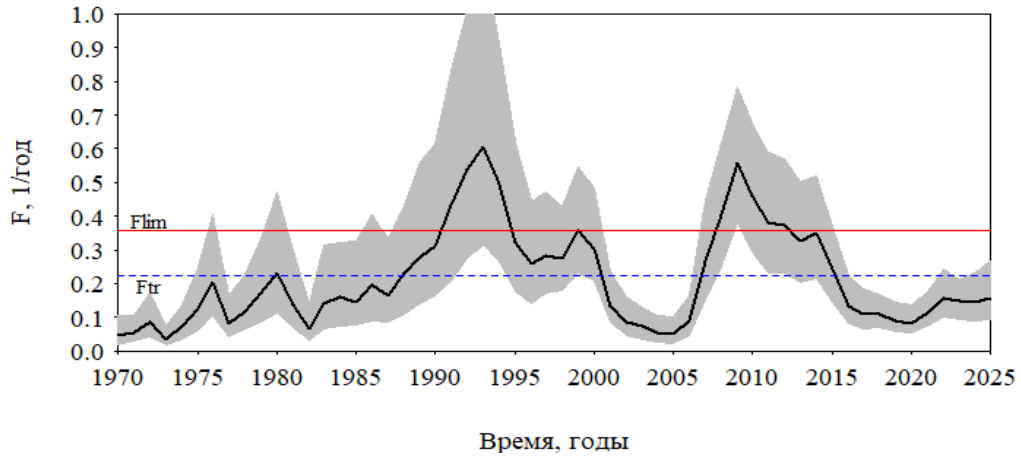


Рис. 36. Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности селективно полностью облавливаемых возрастных групп западноберинговоморского минтая

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности западноберинговоморского минтая составила 0,315 год$^{-1}$ при

коэффициенте вариации 0,059. Уровень показателей неопределенности популяционных параметров (стандартные ошибки, доверительные интервалы оценок) был определен по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло.

Межгодовая динамика модельных и наблюденных индексов запаса западноберинговоморского минтая представлена на рисунке 37.

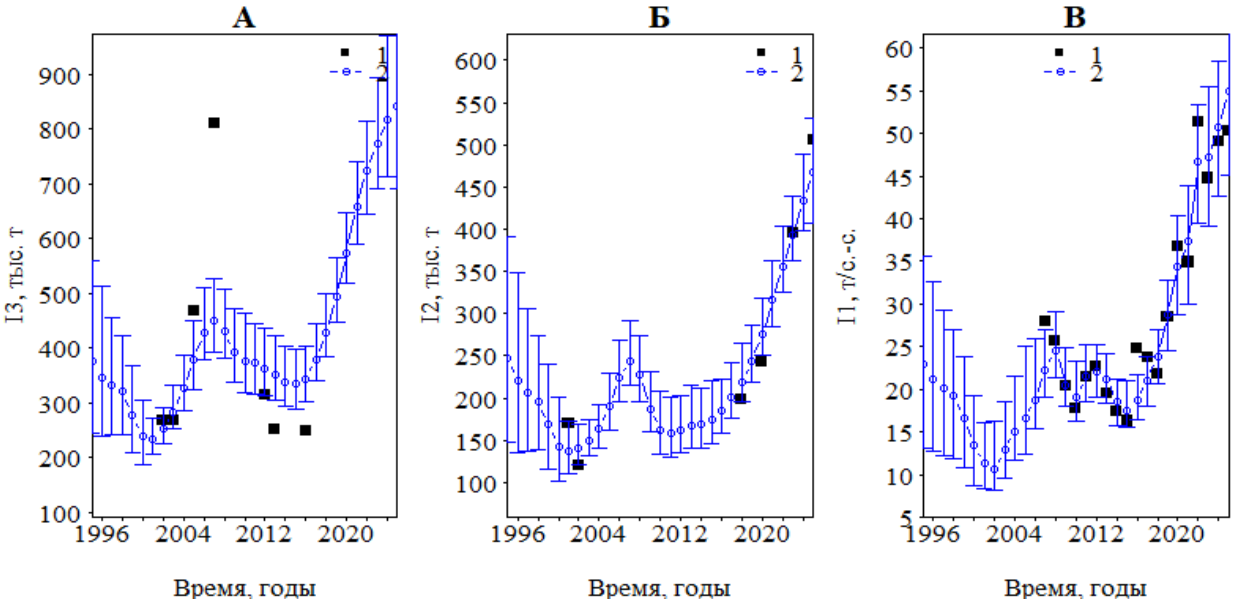


Рис. 37. Межгодовая динамика модельных (2) и наблюденных (1) индексов запаса минтая: общий запас по траловым съемкам (А), нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (Б), улов на усилие (В)

В модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюденных значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для представленных индексов запаса на уровне значимости $p<0,05$ не было оснований отвергнуть эти гипотезы.

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 38.

Состояние промысла. Начало отечественного промысла минтая в западной части Берингова моря приходится на 1960-е гг., а специализированный экспедиционный лов этого вида советскими судами был организован в 1970 г. В границах Карагинской подзоны в первые годы становления минтаевого промысла (1970–1978 гг.) вылов варьировал от 3,0 тыс. т до 42,6 тыс. т (рис. 39). Начиная с 1978 г., промысел вида в западной части Берингова моря из преимущественно летнего стал круглогодичным. Развивалась добыча зимующего минтая в Карагинском и Олюторском заливах. С 1981 г. с целью сохранения ресурсов

западноберинговоморского минтая было введено правило обязательного установления лимита вылова.

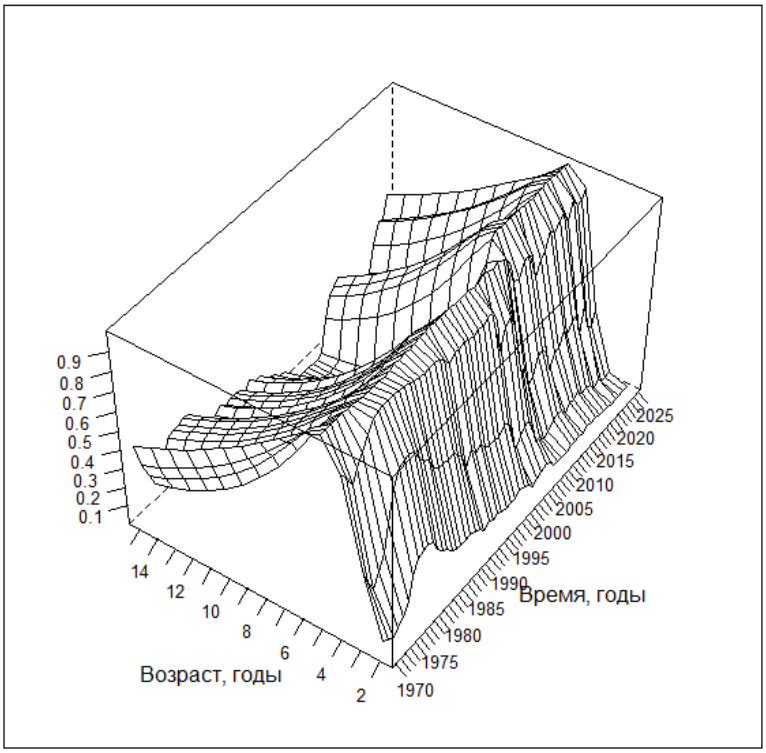


Рис. 38. Возрастные коэффициенты селективности

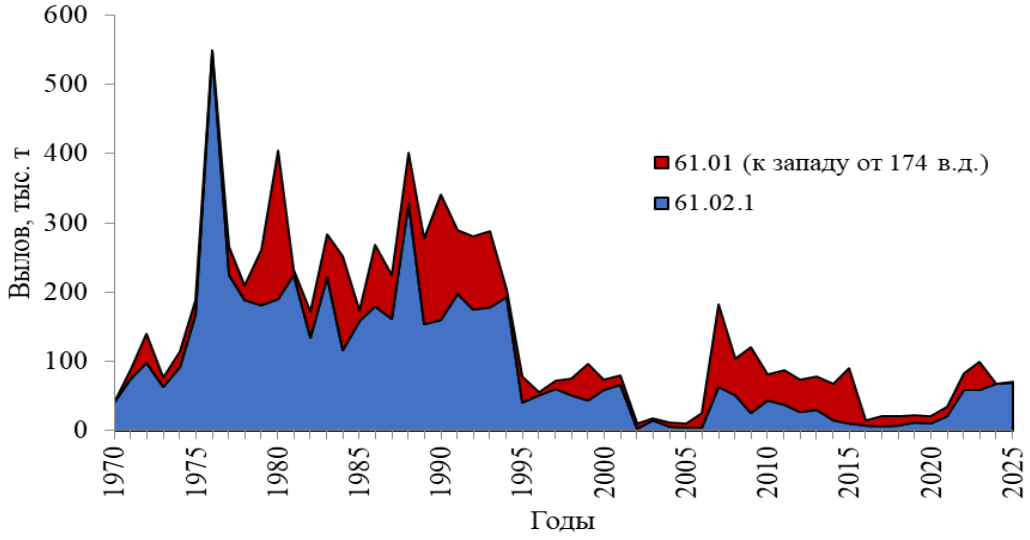


Рис. 39. Межгодовая динамика вылова минтая в юго-западной части Берингова моря

В 1981–1993 гг. величина улова значительно менялась, ежегодно добывалось 8,0–180,4 тыс. т. После этого наступил период небольших уловов со среднегодовой величиной вылова в 21,5 тыс. т (от 4,1 до 52,7 тыс. т). В 2002–2006 гг. в связи с резким снижением ресурсов западноберинговоморского минтая был введен запрет на его

специализированный траловый промысел. Минтай добывали в качестве прилова при снюрреводном промысле в объеме от 4,1 тыс. т до 7,9 тыс. т. В первый же год возобновления спецпромысла минтая в Карагинской подзоне (2007 г.) общий вылов вида составил 63,5 тыс. т. Впоследствии, из-за уменьшения ресурсов рыб данной популяции, вылов снижался, достигнув минимума в 2017 г., когда было добыто около 6,3 тыс. т, затем он стал увеличиваться, достигнув в 2022–2024 гг. почти 70,0 тыс. т (табл. 11). В 2025 г. было изъято 69,1 тыс. т (92,8% ОДУ).

Таблица 11

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западноберинговоморского минтая

Год	Карагинская подзона			Западно-Беринговоморская зона (к западу от 174° в.д.)			Вся популяция			
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	Перелов, тыс. т
2016	7,4	6,87	92,8	0	8,819	—	7,4	15,689	212,0	8,289
2017	6,8	6,344	93,3	0	14,768	—	6,8	21,112	310,5	14,312
2018	8,9	7,969	89,5	1,8	13,000	722,2	10,7	20,969	196,0	10,269
2019	12,6	12,345	98,0	1,3	9,731	748,5	13,9	22,076	158,8	8,176
2020	13,7	11,049	80,6	1,2	9,260	771,7	14,9	20,309	136,3	5,409
2021	22,5	21,677	96,3	1,1	13,081	1189,2	23,6	34,758	147,3	11,158
2022	60,7	58,935	97,1	1,4	23,218	1658,4	62,1	82,153	132,3	20,053
2023	60,7	59,408	97,9	1,4	29,321	2094,4	62,1	88,729	142,9	26,629
2024	69,4	68,032	98,0	0	0,158	—	69,4	68,190	98,3	-1,210
2025	74,5	69,100	92,8	0	1,114	—	74,5	70,214	94,2	-4,286

В районе, расположенном между 170° и 174° в.д. в пределах Западно-Беринговоморской зоны, в 1971–1975 гг. вылов изменялся от 63,1 до 166,9 тыс. т, составив в среднем 99,2 тыс. т (рис. 39). В следующем, 1976 г., достигнут рекордный вылов в 546 тыс. т. Период с 1977 по 1994 гг. характеризовался средними уловами (около 186,9 тыс. т) при межгодовых изменениях в диапазоне 115,4-329,1 тыс. т. Начиная с 1995 г. по 2001 г., уловы значительно упали и изменялись от 40,0 тыс. т до 66,4 тыс. т. В 2002–2006 гг., годы запрета специализированного промысла, в этом районе добывали в качестве прилова 2,3–21,1 тыс. т минтая. Значительный рост вылова пришелся на год открытия специализированного промысла западноберинговоморского минтая в 2007 г., когда было добыто 119,2 тыс. т. Далее, как и в Карагинской подзоне, общий вылов снижался в связи с ухудшением запасов, и в 2011–2014 гг. стабилизировался на уровне 46–53 тыс. т, однако, в 2015 г. вылов достиг 79,6 тыс. т. Впоследствии, в связи с введением запрета специализированного промысла минтая в этом промысловом районе, вылов снизился. В 2018–2025 гг. он изменялся от 0,1 до 29,3 тыс. т, составляя в среднем 12,4 тыс. т (табл. 11).

На протяжении многих десятилетий западноберинговоморский минтай является важнейшим объектом промысла. Период высоких уловов в 1970–1990-х гг. с максимальным выловом около 550 тыс. т, а средним - около 280 тыс. т, сменился периодом относительно невысоких объемов добычи с максимумом около 180 тыс. т и средним значением порядка 70 тыс. т. В 2016–2025 гг. вылов западноберинговоморского минтая варьировал от 15,7 до 88,8 тыс. т (в среднем 44,4 тыс. т) (табл. 11).

В 1980-х гг. в соответствии с действовавшими тогда правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (далее — Правила рыболовства), промысловая отчетность, в основном, велась отдельно для двух подрайонов, расположенных к западу и востоку от 174° в.д. Однако Правилами рыболовства, вступившими в силу в 1989 г., разделение Западно-Беринговоморской зоны на подрайоны было упразднено. В связи с упразднением «линии разделения» минтая двух разных группировок освоение объемов общего допустимого улова западноберинговоморского минтая в Западно-Беринговоморской зоне с тех пор не контролируется, вылов минтая здесь входит в счет общей квоты вида в Западно-Беринговоморской зоне. В результате, рекомендованная величина изъятия минтая западноберинговоморской популяции в Западно-Беринговоморской зоне систематически перелавливается (табл. 11). В 2014–2015 гг. в этом районе, несмотря на то, что промысел здесь не рекомендовался, добыто 52,9 и 79,6 тыс. т к западу и востоку от 174° в.д., соответственно. В 2016 г., по инициативе «КамчатНИРО», Правилами рыболовства был введён запрет на специализированный промысел минтая на акватории западнее 174° в.д. Несмотря на это, в 2016–2025 гг. в данном районе вылов минтая на разных видах промысла варьировал от 0,1 до 29,3 тыс. т. В результате ОДУ для всей западноберинговоморской популяции минтая перелавливался. В 2024–2025 гг. перелов ОДУ не зафиксирован.

Ресурсы этой популяции минтая в современных условиях активно эксплуатируются на двух типах промысла: траловом и снюрреводном. Для специализированного промысла используется разноглубинный трал. В среднем за последние 10 лет в Карагинской подзоне вклад этого вида промысла в общегодовой вылов минтая составил 61,4%, а в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. - 75,4% (рис. 40). При снюрреводном способе лова минтай составляет значимую долю многовидовых уловов либо ведется его специализированный лов. Основной район, где его добывают снюрреводами, приурочен к Карагинскому заливу и восточной части Олюторского залива. В Карагинской подзоне в последние 10 лет вклад этого вида промысла в среднем составлял 28,2%, а в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. - 3,7%. В обоих районах на фоне снижения вклада в общий вылов минтая снюрреводами после 2019 г. увеличился вклад донными тралами. Этим орудием лова минтай активно добывают в качестве прилова при промысле донных видов рыб, прежде всего камбал, терпуга и командорского кальмара.

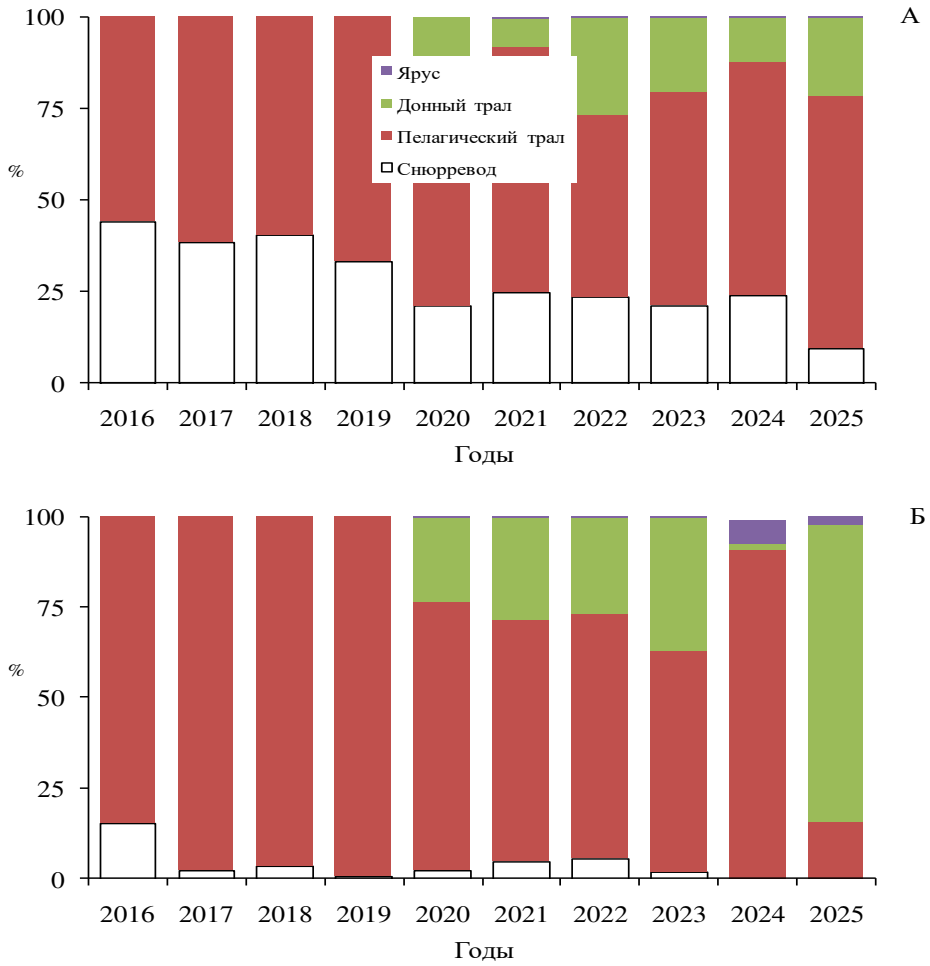


Рис. 40. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая разными орудиями лова в Карагинской подзоне (А) и Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. (Б)

Как и в других районах промысла минтая, добыча вида в западной части Берингова моря имеет выраженный сезонный характер, связанный как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и, во многом, с экономическими причинами, и, в частности, рентабельностью лова. Согласно п. 28.1 Правил рыболовства, запрещается специализированная добыча вида в Западно-Беринговоморской зоне на акватории к западу от 174° в.д. — в течение всего года, а в Карагинской подзоне — с начала массового нереста, но не позднее, чем с 1 марта по 15 мая.

В 2025 г. в Карагинской подзоне основные объемы вылова минтая разноглубинными и донными тралами освоены в январе–феврале и августе–декабре, а снюрреводами — в июне–июле и в сентябре–октябре (рис. 41).

В Карагинской подзоне в последние 10 лет средние уловы на усилие судов типа БАТМ, обеспечивавших наибольший вклад в общий вылов минтая разноглубинными тралами, после минимума в 2018 г. неуклонно возрастали и 2022 г. достигли максимальных показателей (табл. 12)

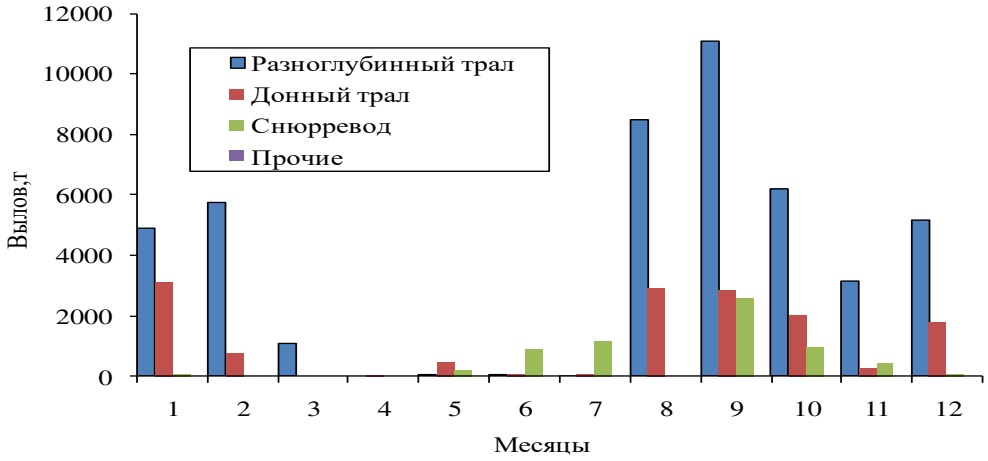


Рис. 41. Сезонная динамика вылова минтая разными орудиями лова в Карагинской подзоне в 2025 г.

Таблица 12

Межгодовая динамика количества усилий и уловов на единицу усилия при ведении тралового и снюрреводного промысла западноберинговоморского минтая судами основных типов в Карагинской подзоне

Год	Вылов, т	Кол-во судосуток	Кол-во операций	Ср. улов на судосутки, т	Ср. улов на операцию, т
БАТМ (трал)					
2016	1888	33	76	57,2	24,8
2017	1258	20	53	62,9	23,7
2018	2203	42	101	52,5	21,8
2019	4626	62	163	74,6	28,4
2020	4661	53	127	87,9	36,7
2021	7714	84	221	91,8	34,9
2022	10840	83	211	130,6	51,4
2023	18563	147	415	126,3	44,7
2024	17054	147	348	116,0	49,0
2025	16585	146	330	113,6	50,3
СТР–420 (снюрревод)					
2016	1274	130	368	9,8	3,5
2017	876	88	242	10,0	3,6
2018	1107	120	353	9,2	3,1
2019	448	38	97	11,8	4,6
2020	332	101	220	3,3	1,5
2021	1687	102	239	16,5	7,1
2022	1859	183	456	10,2	4,1
2023	4088	273	588	15,0	7,0
2024	2390	163	325	14,7	7,4
2025	336	31	55	10,8	6,1

В 2024–2025 гг. они несколько снизились, но оставались на высоком уровне. У судов типа СТР-420 уловы на судосутки и на замет в 2016–2019 гг. были на среднем уровне. Затем, в 2020 г., результативность промысла резко снизилась. Это связано с тем, что в этот год фактически не велся специализированный промысел минтая, а его добывали только в качестве

прилова на других видах лова. Кроме того, вклад судов типа СТР-420 в общий вылов минтая снюрреводами в 2019–2020 гг. заметно снизился. В 2021–2024 гг. уловы на усилие были на высоком уровне, а в 2025 г. этот показатель снизился до 10,8 т/судосутки.

В первом полугодии 2025 г. в Карагинской подзоне в уловах разноглубинным тралом длина минтая изменялась от 28 до 72 см, а доминировали особи двух размерных групп: 34–37 см (13,7%) и 40–47 см (49,6%) (рис. 42А). Во втором полугодии размерный состав траловых уловов несколько отличался. В уловах встречались рыбы длиной 18–67 см, а преобладали особи размерных групп 40–46 см (71,6%). Соответственно, во втором случае средняя длина рыб была меньше, чем в первом.

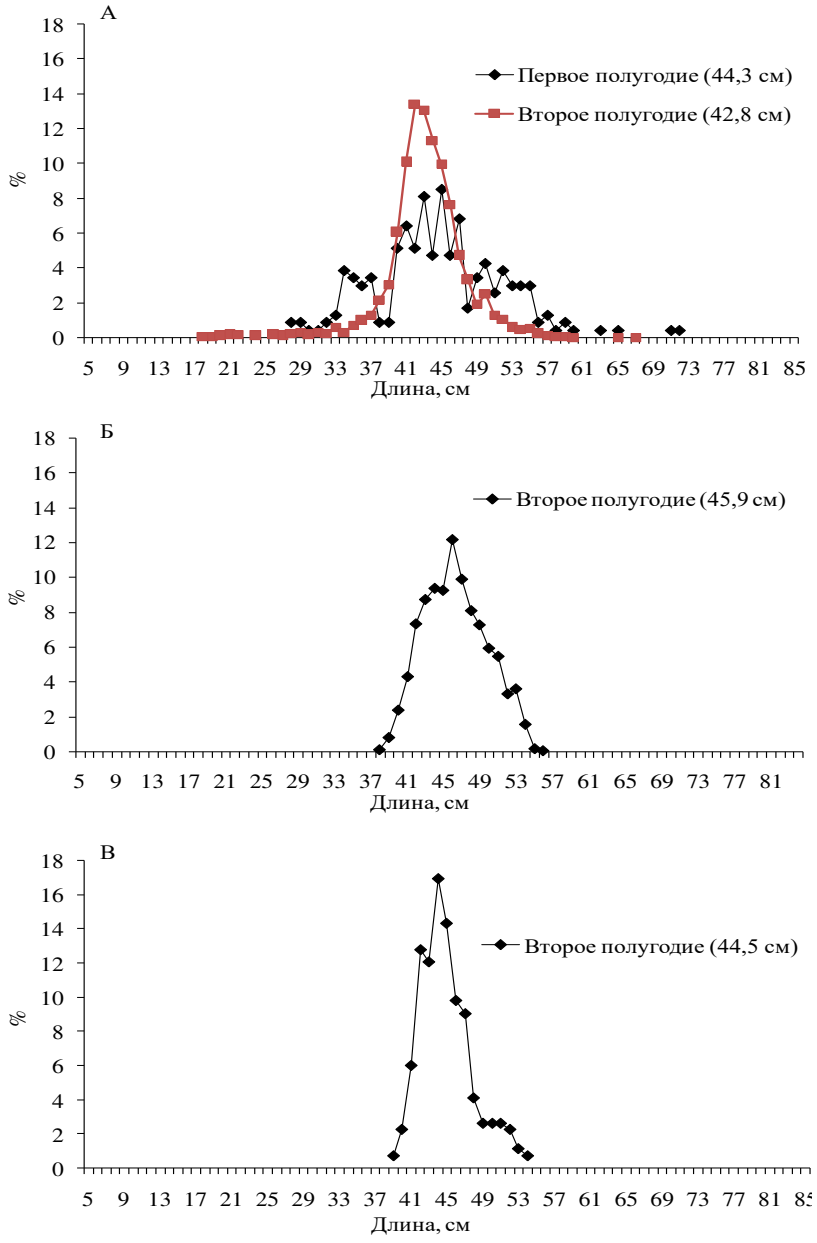


Рис. 42. Наблюденный размерный состав минтая в уловах разноглубинным (А) и донным (Б) тралами, снюрреводом (В) в Карагинской подзоне по полугодиям в 2025 г.

Во втором полугодии 2025 г. в уловах донным тралом длина минтая изменялась от 39 до 54 см, а основу уловов составляли рыбы 42–47 см (74,8%) (рис. 42Б).

Во втором полугодии 2025 г. в уловах снюрреводом длина минтая изменялась от 38 до 56 см, а доминировали рыбы длиной 42–49 см (72,2%).

Итоговый размерный состав минтая в промысловых уловах в 2025 г. определяли взвешенно к вылову (в млн экз.) по полугодиям и основным орудиям лова (донные и разноглубинные тралы, снюрреводы). При этом из-за недостатка данных вынуждены были сделать ряд допущений:

— размерный состав в уловах донным тралом и снюрреводом в первом полугодии приняли таким же, как во втором полугодии.

Таким образом, в 2025 г. в промысловых уловах длина западноберинговоморского минтая изменялась от 18 до 72 см, а доминировали рыбы размерных групп 41–46 см (59,7%), возрастных — 4–7 лет (82,6%) с модой в возрастной группе 5 лет (23,5%) (рис. 43).

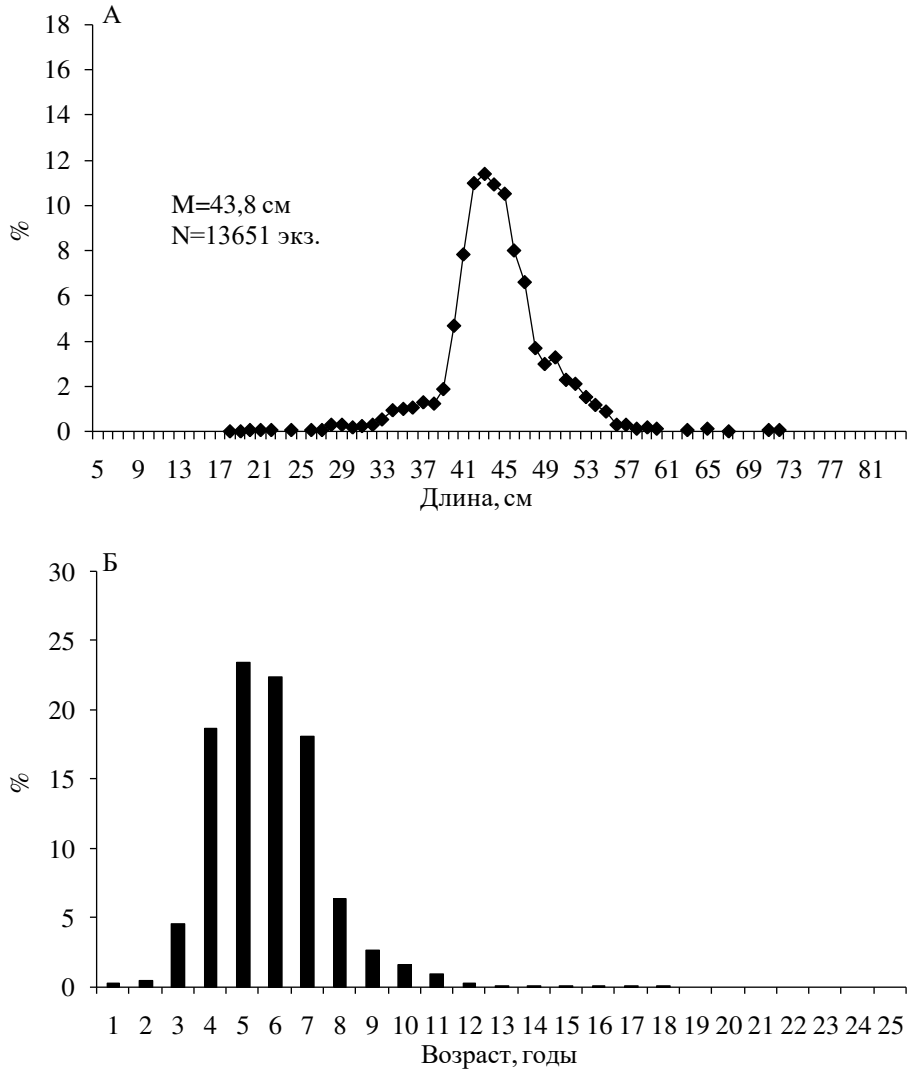


Рис. 43. Итоговый размерный (А) и возрастной (Б) состав западноберинговоморского минтая в промысловых уловах в 2025 г.

Анализ размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах позволяет отнести поколения 2001–2002, 2006 гг. к числу урожайных за последние 20 лет, средним - генерации 2014–2017, 2019–2020 гг. (рис. 44–45). Также к средним можно отнести и поколение 2021 г., которое по частоте встречаемости в промысловых уловах было на третьем месте.

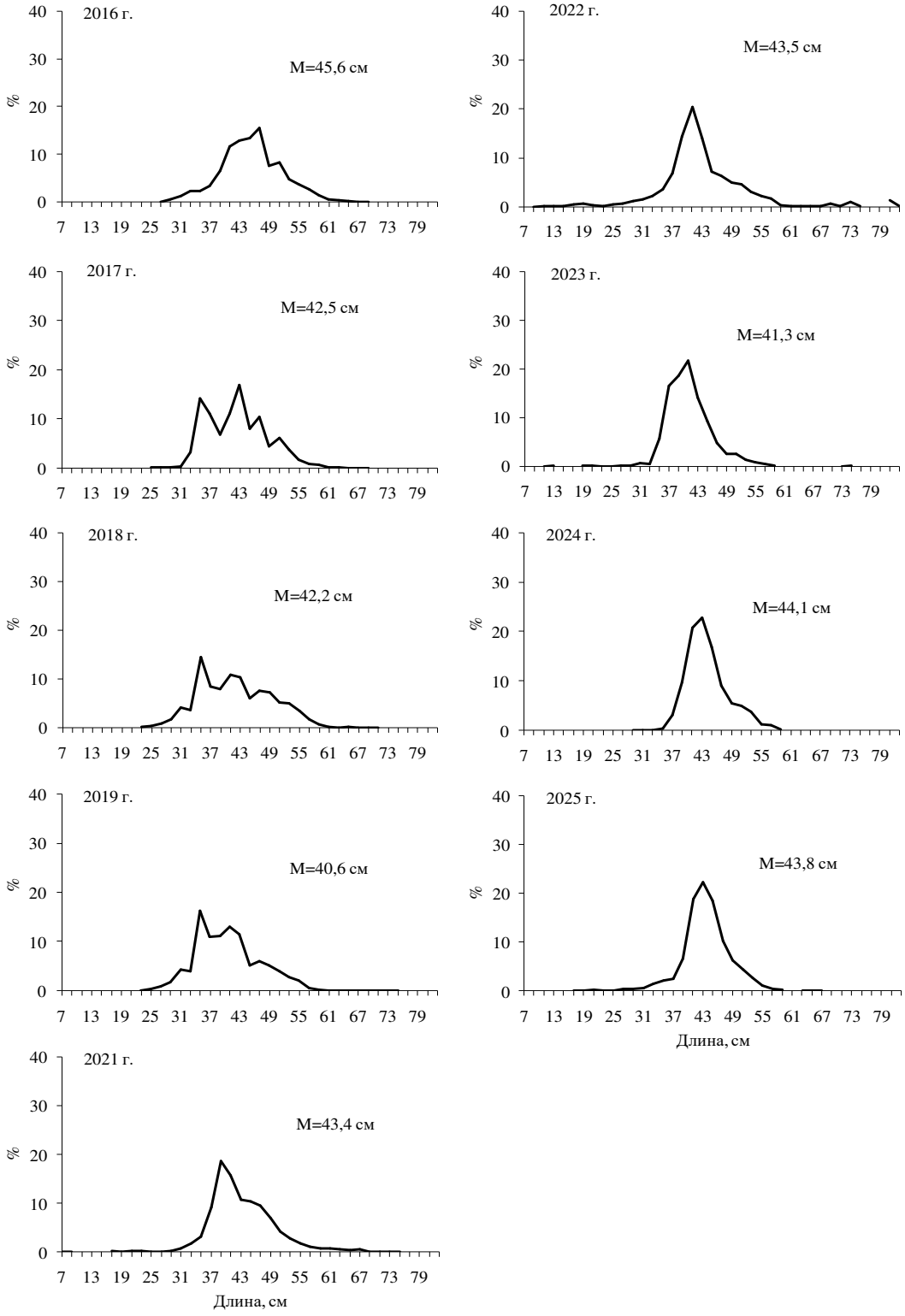


Рис. 44. Межгодовая динамика размерного состава западноберинговоморского минтая в промысловых уловах

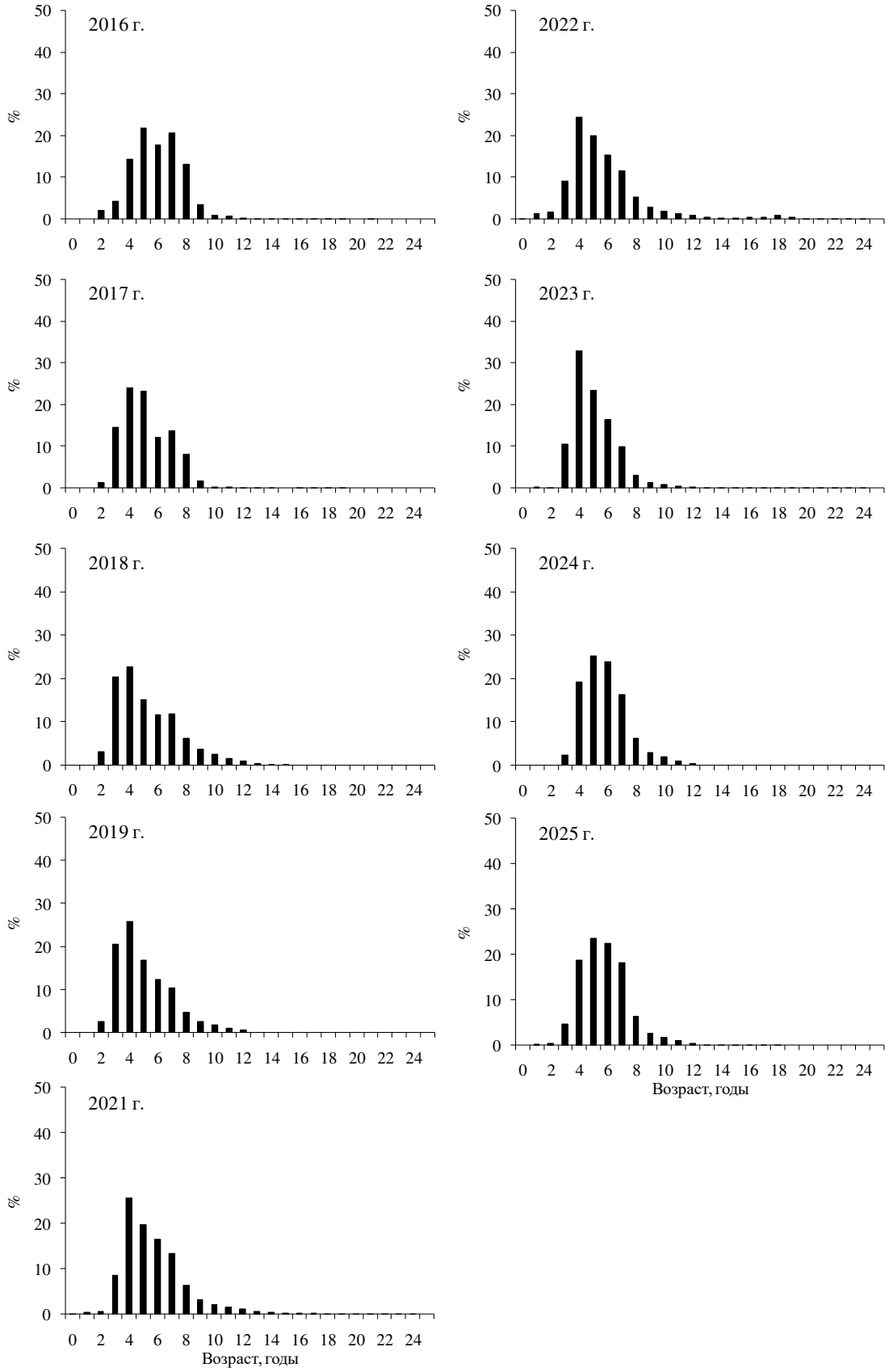


Рис. 45. Межгодовая динамика возрастного состава западноберинговоморского минтая в промысловых уловах

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла западноберинговоморского минтая отметим следующее:

1. В 2025 г. нерестовый запас по результатам ихтиопланктонной съемки по сравнению с 2023 г. увеличился;

2. В 2025 г. отмечен рост общего и нерестового запаса по модельным оценкам по сравнению с предыдущими годами, и в настоящее время ресурсы западноберинговоморского минтая находятся на среднем уровне с тенденцией к росту;

3. В 2025 г. освоение ОДУ составило 94,2%;

4. В 2024–2025 гг. улов на усилие судов типа БАТМ несколько снизились, но оставались на высоком уровне;

5. С начала XXI века урожайных поколений не зафиксировано. При этом, начиная с 2015 г. и по настоящее время, на свет появилась череда средних по численности когорт, чем и объясняется рост запасов.

Определение биологических ориентиров

С переходом в 2022 г. на когортную модель в пространстве состояний ориентиры управления для западноберинговоморского минтая были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса за последние 30 лет. В настоящем обосновании они не изменились.

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy}, т.е. F_{tr}=0,222 год$^{-1}$.

Граничный ориентир промысловой смертности определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: F_{lim}=0,358 год$^{-1}$. Величину F_0 приняли равной 0 год$^{-1}$.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным медиане минимального значения нерестовой биомассы за моделируемый период: B_{lim}=163,8 тыс. т. Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас западноберинговоморского минтая уже находился на этом уровне в 2001–2002 гг. и при этом не потерял способности к расширенному воспроизводству.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по промысловой смертности на кривой равновесной биомассы: B_{tr}=SSB(F_{tr})=262,5 тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (далее - ПРП) западноберинговоморского минтая, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr}. Схема ПРП представлена на рисунке 46.

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

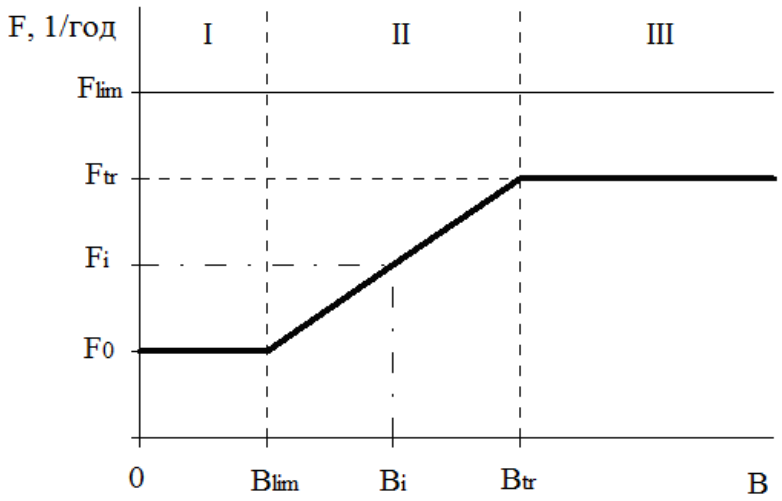


Рис. 46. Схема ПРП западноберинговоморского минтая

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса западноберинговоморского минтая и величины ОДУ на 2027 г.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам, что и в ретроспективе. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10 лет значениям. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует величине ОДУ, равной 92,5 тыс. т.

В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет величину. Её оценка в 2026–2027 гг. составит 884,8 млн экз.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций (n=1000) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы, по результатам вероятностного прогноза, представлены в таблице 13, а детерминистские оценки численности и биомассы общего и нерестового запаса — в таблице 14.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Полученное медианное значение нерестовой биомассы минтая на начало 2027 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса

(режим III действующего ПРП на рис. 46). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит 0,222 год$^{-1}$.

Таблица 13

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) западноберинговоморского минтая в 2026–2027 гг.

Параметр	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
SSB(2026), тыс. т	495,39	517,76	575,52	620,37	659,72	727,64	753,88	618,55	64,71
SSB(2027), тыс. т	463,61	485,64	563,57	624,77	690,87	800,05	834,51	629,68	97,65
C(2027), тыс. т	82,28	88,23	102,17	116,79	131,77	156,92	168,31	118,30	21,80

На каждой реализации метода Монте-Карло величину вылова на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$ОДУ_i = F_{reci} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{reci})]}{M_j + s_j F_{reci}}$ [Бабаян, 2000], где:

s_j - возрастные коэффициенты селективности,

w_j - масса особей,

M_j - МКЕС,

$N_{i,j}$ - численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} - рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Статистические характеристики распределения вылова представлены в таблице 13. Опираясь на данные таблиц 13-14, считаем, что **ОДУ минтая в Карагинской подзоне в 2027 г.** может составить **118,100 тыс. т.**

При сделанных выше предположениях о величине пополнения, согласно вероятностному прогнозу, в ближайшие 2 года ожидается дальнейшее постепенное увеличение ресурсов западноберинговоморского минтая. На начало 2026 г. медианная оценка нерестового запаса составит 620,4 тыс. т, а на начало 2027 г. — 624,8 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2026–2027 гг. ниже целевого ориентира по биомассе составляет 0%.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным элементом диагностики избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет), при средней за последние 5 лет величине пополнения и рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 47, при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствии перелова ОДУ, запас западноберинговоморского минтая с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы.

Таблица 14

Детерминистские оценки численности и биомассы западноберинговоморского минтая в возрасте 2 года и старше в 2025–2027 гг.

	Возраст, лет														Всего
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	
2025															
Численность на начало года, млн экз.	939,62	689,10	542,69	389,73	240,59	151,23	85,34	47,11	26,52	15,38	8,79	5,40	3,64	2,63	3147,77
Годовой коэффициент выживания	0,729	0,725	0,693	0,632	0,625	0,633	0,642	0,650	0,658	0,665	0,671	0,677	0,682	0,682	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	59,20	112,32	163,89	182,78	157,11	126,73	86,79	55,92	35,45	22,70	14,14	9,23	6,60	4,98	1037,84
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,91	29,99	90,29	117,20	112,29	82,45	55,92	35,45	22,70	14,14	9,23	6,60	4,98	583,15
2026															
Численность на начало года, млн экз.	884,78	684,98	499,51	375,89	246,37	150,26	95,72	54,79	30,64	17,45	10,23	5,90	3,65	2,49	3062,66
Мгновенный коэффициент промысловой смертности (МКПС), 1/год	0,001	0,008	0,054	0,149	0,168	0,156	0,142	0,130	0,118	0,107	0,097	0,088	0,080	0,073	
Годовой коэффициент выживания	0,729	0,724	0,691	0,629	0,617	0,624	0,633	0,641	0,648	0,655	0,662	0,668	0,673	0,673	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	55,74	111,65	150,85	176,29	160,88	125,92	97,35	65,04	40,97	25,76	16,44	10,10	6,62	4,71	1048,32
Биомасса нерестового запаса, тыс. т	0,00	1,90	27,61	87,09	120,02	111,57	92,48	65,04	40,97	25,76	16,44	10,10	6,62	4,71	610,31
2027															
Численность на начало года, млн экз.	884,78	644,83	495,87	345,26	236,35	151,90	93,73	60,55	35,11	19,87	11,44	6,77	3,94	2,46	2992,86
МКПС, 1/год	0,001	0,010	0,071	0,195	0,221	0,206	0,187	0,170	0,155	0,141	0,128	0,116	0,106	0,096	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	55,74	105,11	149,75	161,93	154,33	127,29	95,33	71,87	46,95	29,33	18,39	11,58	7,14	4,66	1039,40
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,79	27,40	79,99	115,13	112,78	90,56	71,87	46,95	29,33	18,39	11,58	7,14	4,66	617,57
ОДУ, тыс. т	0,05	0,89	8,79	24,75	26,39	20,40	14,03	9,69	5,79	3,31	1,90	1,09	0,62	0,37	118,07

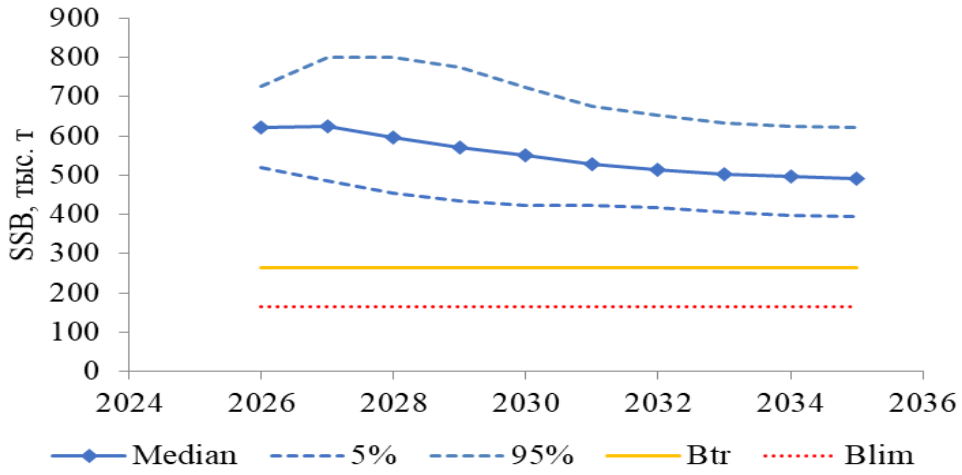


Рис. 47. Модельная динамика биомассы нерестового запаса западноберинговоморского минтая при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Если эти вероятности меньше α=0,1 [Бабаян, 2000], то нет оснований отказаться от стратегии управления. Проведенный риск-анализ показал, что при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствии перелова ОДУ риски перелова по пополнению и росту при рекомендуемой величине ОДУ западноберинговоморского минтая, равной 118,1 тыс. т, не превышают уровня α = 0,1 (рис. 48). На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отвергнуть представленное ПРП и стратегию управления.

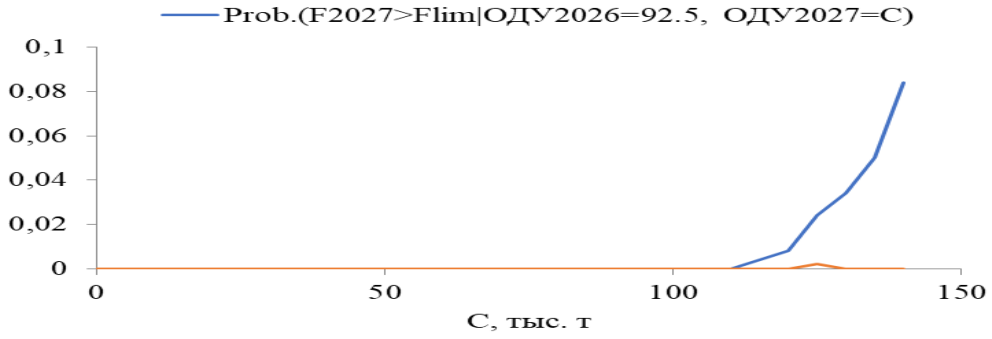


Рис. 48. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для западноберинговоморского минтая

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2015 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 49.

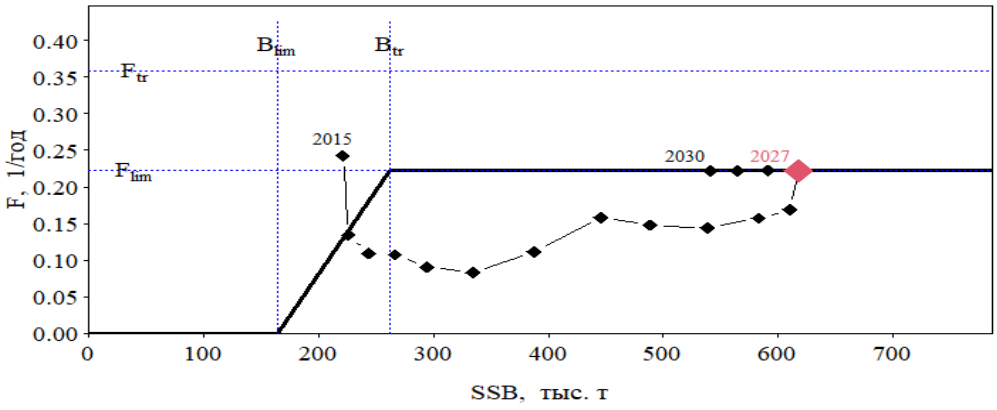


Рис. 49. Реализация правила регулирования промысла западноберинговоморского минтая в 2015–2030 гг.

Таким образом, **ОДУ минтая в Карагинской подзоне в 2027 г.** составит **118,100 тыс. т**.

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона

61.03 - Зона Северо-Курильская

Исполнители: А.И. Варкентин, О.И. Ильин, Д.Я. Саушкина («КамчатНИРО»), И.Н. Мухаметов («СахНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки текущего и перспективного состояния запасов минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне, обоснования ОДУ на 2027 г. положены:

— данные, собранные в течение 2025 г. в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне сотрудниками «КамчатНИРО», «ТИНРО» и «СахНИРО» из уловов разноглубинным тралом и снюрреводом на рыбоперерабатывающих заводах, расположенных в г. Петропавловске-Камчатском и Северо-Курильске, промысловых судах (операций — 125, МП минтая — 18861 экз.; ПБА — 298 экз.);

— результаты ихтиопланктонных и гидрологических исследований, выполненных сотрудниками «КамчатНИРО» на МРТК «Инженер Мартынов» на стандартных полигонах в Авачинском и Кроноцком заливах 22.03–21.04.2025 г. (станций — 158) и сотрудниками «ТИНРО», «КамчатНИРО» на

НИС «Дмитрий Песков» у юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов 21–28.04.2025 г. (станций — 62) (рис. 50);

— результаты донной траловой съемки, выполненной 25.06–25.07.2025 г. на МРТК-316 и МРТК «Инженер Мартынов» на стандартных полигонах, расположенных в Кроноцком заливе, северной части Авачинского залива и у юго-восточной Камчатки (рис. 51) (тралений — 84, МП минтая — 1188 экз.);

— многолетние данные о биологическом состоянии минтая в промысловых уловах, результаты ихтиопланктонных и донных траловых съемок в прошлые годы;

— сведения о вылове по данным судовых суточных донесений (ССД) и оперативной отчетности предприятий (ООП) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) за 2025 г. Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что значительная часть годового вылова минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза от 06.05.2022 г. № 285, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД.

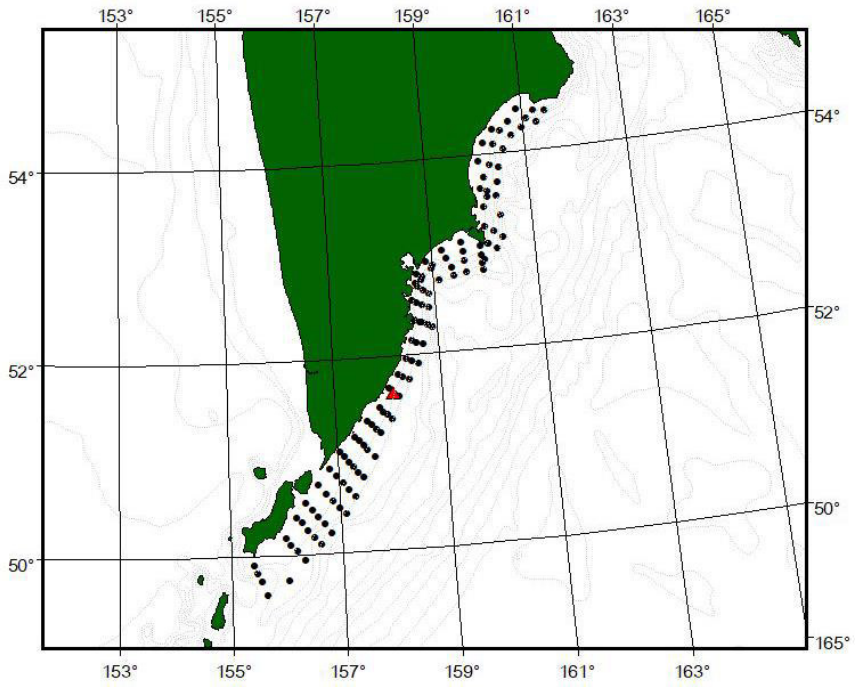


Рис. 50. Схема станций ихтиопланктонной и гидрологической (черные круги) съемки в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам в апреле 2025 г. (красный треугольник — местоположение контрольного траления)

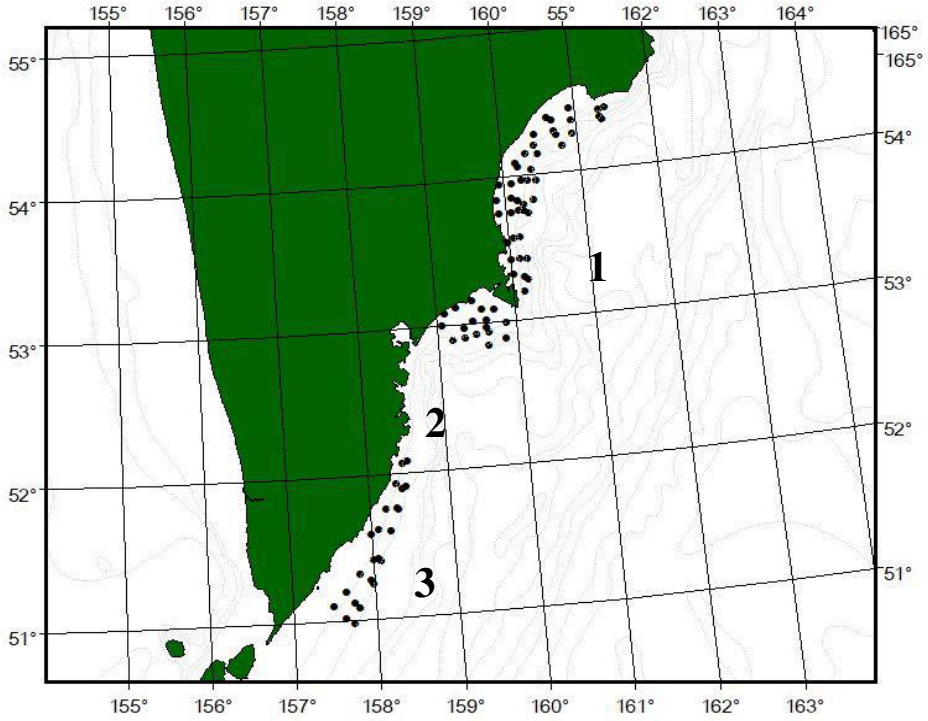


Рис. 51. Схема станций донной траловой съемки (цифры — номера полигонов: 1 — Кроноцкий залив, 2 — северная часть Авачинского залива, 3 — юго-восток Камчатки), выполненной в июне–июле 2025 г. в Петропавловско-Командорской подзоне

В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП) по состоянию на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове минтая в 2025 г. получили по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Информацию об общем вылове минтая в 2012–2024 гг., полученную ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для восточнокамчатского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1975 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на

единицу усилия с 2003 г., результаты ихтиопланктонных и донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза по восточнокамчатскому минтаю в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

В 2007–2021 гг. для оценки запасов восточнокамчатского минтая использовалась модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. С 2022 г. применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана [Ильин, 2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp\left(r_{1t} r_{2t} (r_{3t} - a)\right)}{1 - r_{2t}\left[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))\right]},$$

где: $r_{1t} r_{2t}, r_{3t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,14}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}\right]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,14}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3\right]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса, I_t^2, I_t^3 — индексы нерестового запаса.

При моделировании запаса восточнокамчатского минтая предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$;

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$ и $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ по ихтиопланктонным съемкам;

— коэффициент улавливаемости для индекса биомассы нерестового запаса q_3=1,0.

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^{N} \sim N(0, \sum_C)$; зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы $\sum_C$ — типа авторегрессии второго порядка AR(2); параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели.

Для коэффициента естественной смертности выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.2, 0.1^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Исходные данные для модели следующие:

— вылов (млн экз.) восточнокамчатского минтая по возрастам (2–14 лет) и годам (1975–2025 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетним размерно-возрастным ключам, составленным по отолитным определениям возраста в 1998–2025 гг., отдельно для первого и второго полугодий;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 52);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе–марте (рис. 52). Фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

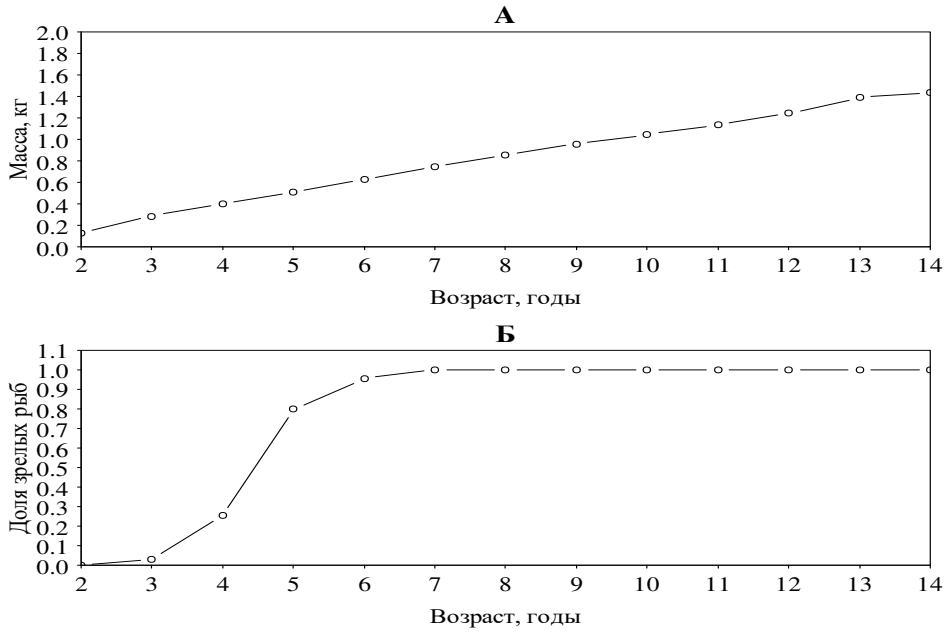


Рис. 52. Исходные данные для модельных расчетов

В качестве настроечных индексов (I_t^1) для модели использовали данные об уловах на единицу промыслового усилия (CPUE) крупнотоннажных

судов, ведущих промысел разноглубинными тралами в зоне Северо-Курильская в апреле (рис. 53).

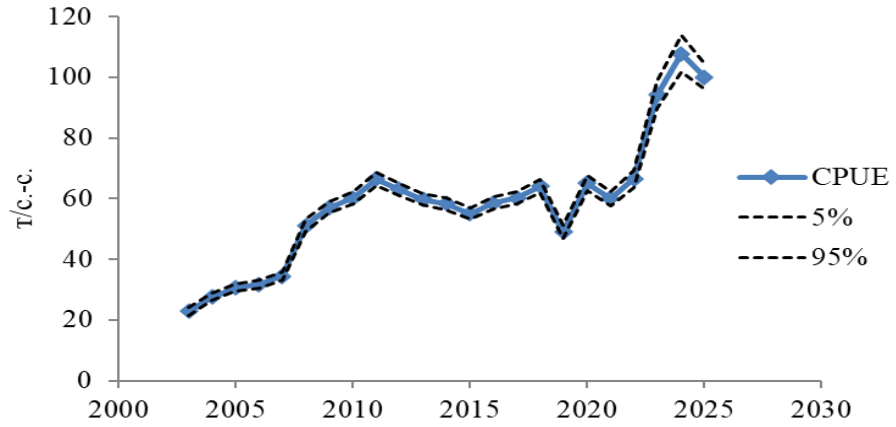


Рис. 53. Межгодовая динамика стандартизованных уловов восточнокамчатского минтая на единицу промыслового усилия

Предикторы — факторы промысловой зоны, года, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизацию по модели GLM осуществляли средствами статистического пакета R.

Дополнительно использовали оценки биомассы производителей восточнокамчатского минтая в 2006–2011, 2016, 2021, 2023, 2025 гг. (I_t^3), продукции икры в эпицентре нереста, расположенном в «северном» каньоне Авачинского залива в 2003, 2008–2010, 2012–2014, 2016–2018, 2020, 2022–2025 гг. (I_t^2).

Икорные съемки — один из основных способов изучения воспроизводства и оценки численности репродуктивной части популяции минтая посредством учёта развивающихся в воде эмбрионов с последующим расчётом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др., 1987; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002; Балыкин, Варкентин, 2006]. Регулярные ихтиопланктонные съёмки в прикамчатских водах выполняются с 1970-х гг. В это время была принята стандартная сетка станций, которая используется и в настоящее время. На протяжении всего периода исследований орудием лова служила сеть ИКС-80, что делает имеющиеся материалы сравнимыми. На каждой станции осуществляется вертикальный облов толщи воды от дна или горизонта 200 м до поверхности. На основании данных о распределении икры минтая в глубоководных каньонах восточной Камчатки [Буслов, Тепнин, 2002], с 1999 г. в указанных районах глубина погружения сети увеличена до 500–550 м.

Установлено, что основной нерест минтая в Авачинском заливе происходит в районе глубоководных каньонов [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004]. Эпицентр нереста находится в «северном» каньоне, поэтому, он выбран в качестве «реперного» [Ильин и др., 2014; Ильин, Саушкина, 2022], а продукция икры в нем — индекса для настройки модели.

Для расчета нерестового запаса минтая уловы икры по станциям сначала пересчитывали на 1 $м^2$. Уловистость сети принимали равной 1. Далее, с помощью программы ГИС «КартМастер 4.1» для каждого стандартного по площади полигона (Кроноцкий, Авачинский заливы, Юго-Восток Камчатки и Северные Курилы) оценили общее количество учтенной икры по стадиям развития. Данные интерполировали методом «2D-Сплайн аппроксимации».

Продолжительность эмбриогенеза определяли по формуле А.В. Буслова и Н.П. Сергеевой [2009], полученной для «северных» популяций минтая:

$T = 32{,}245e^{(-0{,}1682t)}$, где

T – продолжительность эмбрионального развития, сут.,

t – температура воды, ºС.

Для расчета средней температуры воды по результатам съемки рассчитывали средневзвешенное к количеству икры минтая в пробах значение: на шельфе — в слое 0–50 м, в глубоководных каньонах — во всем слое водной толщи.

Соотношение продолжительности стадий развития икринок в течение эмбриогенеза принимали равным: стадия дробления (I) — 17%, стадия зародышевой полоски (II) — 26%, стадия неоформившегося эмбриона (III) – 39%, стадия оформившегося эмбриона (IV) — 18% [Буслов, Сергеева, 2009].

Изменение суточной продукции аппроксимировали функцией Гаусса [Зайцев, 1984]. Дату начала нереста определяли по поимке производителей с текучими либо выметанными половыми продуктами. Пик воспроизводства на каждом полигоне устанавливали по соотношению в пробах икры разных стадий. За окончание нереста условно принимали конец мая. Проинтегрировав площадь под кривой, получали общее количество икры, выметанное производителями за нерестовый сезон на каждом полигоне и суммарно для всей популяции.

Для перехода от общего количества выметанной икры к биомассе производителей использовали сведения о биологических показателях рыб: индивидуальной абсолютной плодовитости средней самки, соотношении полов, средней массе половозрелых рыб по результатам контрольных тралений [Качина, Сергеева, 1978]. Нерестовый запас пересчитали на начало года, для чего к полученному на предыдущем этапе значению прибавили количество выловленных до начала съемки производителей.

В некоторые годы в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке, проводились учетные донные траловые и снюрреводные съемки. Минтай учитывается во время этих съемок, но поскольку они ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал, трески, наваги и др.) и промысловых беспозвоночных (крабов), результаты этих оценок в расчетах не используются. Гораздо больший интерес представляет размерно-возрастной состав минтая в учетных тралениях, выраженный в относительных величинах, поскольку он позволяет сделать заключение об

урожайности ближнего и дальнего пополнения. Полноценные донные траловые съемки были выполнены в 1984, 1999, 2002, 2016–2023, 2025 гг.

Результаты донных траловых съемок стандартизировали по полигонам. Плотность рыб и величину запасов оценивали отдельно для каждого полигона методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcVeiw Gis 3.3. При оценке запасов коэффициент уловистости принимали равным 1. Размерный состав минтая определяли взвешенно к уловам на 1 час траления в количественном выражении. Подробно алгоритм расчетов представлен в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Эксплуатация ресурсов минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне базируется на запасах восточнокамчатской популяции вида. Ареал ее простирается от Кроноцкого залива до океанических вод о-ва Харимкотан. Центром воспроизводства являются глубоководные каньоны Авачинского и Кроноцкого заливов. В нагульный период минтай распределяется на больших глубинах и мигрирует из вод юго-восточного побережья Камчатки на северо-восток в Авачинский и Кроноцкий заливы и на юго-запад — в воды северных Курильских о-вов [Золотов, Антонов, 1986; Антонов, 1991]. В годы высокого уровня запасов, нерестилища, а значит и скопления половозрелых рыб, располагаются на всем протяжении шельфа от вод о-ва Парамушир до Авачинского и Кроноцкого заливов. В годы низкого уровня запаса основное икрометание происходит в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов [Буслов, Тепнин, 2002].

Основываясь на представлениях о едином популяционном статусе минтая в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам, традиционно оценка запасов и определение ОДУ рыб этой группировки специалистами выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между Петропавловско-Командорской подзоной и Северо-Курильской зоной.

Состояние запаса. По результатам ихтиопланктонной съемки, выполненной в апреле 2025 г., максимальная концентрация икры на всех стадиях развития (23792 экз./м^2) отмечена в районе «северного» каньона Авачинского залива (рис. 54). Судя по возрастному составу эмбрионов, исследования здесь были проведены несколько позже пика нереста, поскольку превалировала икра на II стадии развития (табл. 15).

В Кроноцком заливе максимальная концентрация икры на всех стадиях развития (6402 экз./м^2) отмечена в южной части залива над глубиной 100 м (рис. 54). Здесь также как и в Авачинском заливе превалировала икра на II стадии развития (табл. 15).

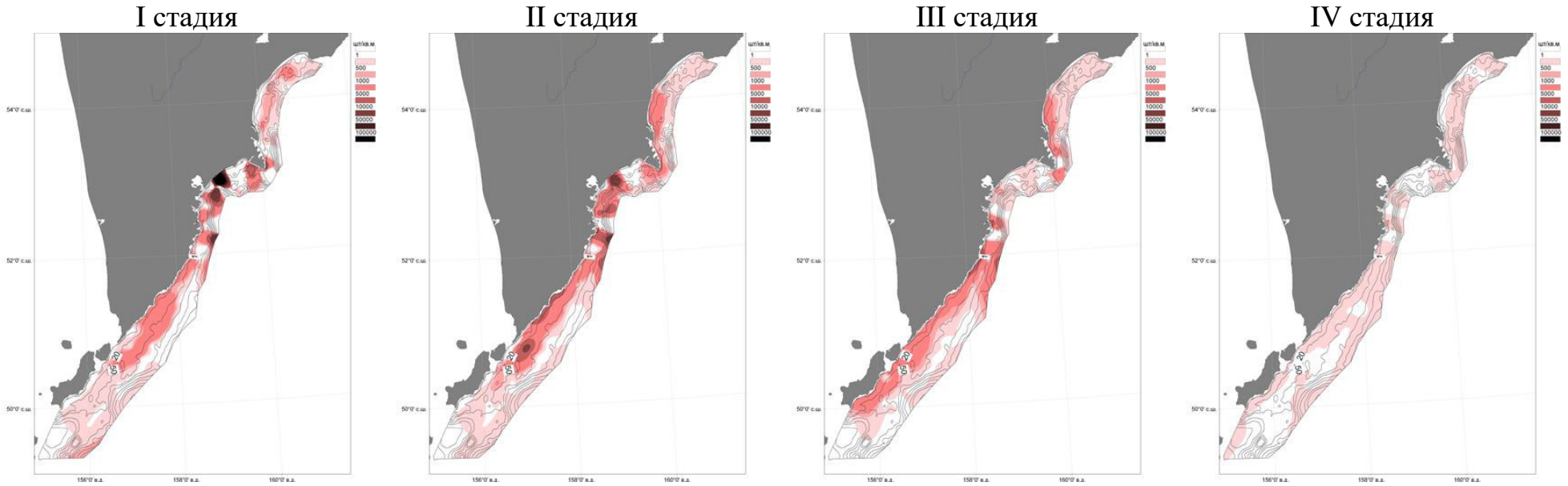


Рис. 54. Распределение икры восточнокамчатского минтая по стадиям развития в апреле 2025 г.

У юго-восточной Камчатки максимальная концентрация икры на всех стадиях развития (10805 экз./м^2) отмечена южнее м. Поворотный над глубиной 305 м (рис. 54). Здесь превалировала икра на II-III стадиях развития (табл. 15).

У северных Курильских островов максимальная концентрация икры на всех стадиях развития (15544 экз./м^2) отмечена в районе Первого Курильского пролива над глубиной 68 м (рис. 54). Здесь превалировала икра на III стадии развития (табл. 15).

Результаты расчета суточной продукции икры минтая представлены в таблице 16.

Таблица 15

Количество учтенной икры восточнокамчатского минтая (× 1012 шт.), по результатам ихтиопланктонной съемки в апреле 2025 г.

Полигон	Период	Площадь, км^2	Кол-во станций	Стадия развития				Общее кол-во икры
				I	II	III	IV	
Авачинский залив	14, 18–20 апреля	5186	39	6,634	7,617	2,976	0,17	17,397
Кроноцкий залив	26–28 апреля	6732	27	2,06	3,323	1,963	0,057	7,403
юго-восток	21, 24–26 апреля	9425	36	7,524	13,92	13,222	0,567	35,233
Северные Курилы	26–28 апреля	9221	24	1,732	3,589	4,875	0,009	10,205

Таблица 16

Суточная продукция икры восточнокамчатского минтая, по результатам ихтиопланктонной съемки в апреле 2025 г.

Полигон	Средняя дата съемки	Дата пика нереста	Средняя температура воды, °С	Суточная продукция икры I стадии, ×10^{12} шт.	Продукция икры I стадии, ×10^{12} шт.	Продукция икры I–IV стадий, ×10^{12} шт.
Авачинский залив	19.04	10.04	0,39	0,752	13,610	36,297
Кроноцкий залив	27.04	18.04	0,58	0,262	5,509	18,682
юго-восток	25.04	14.04	0,5	0,942	22,716	96,618
Северные Курилы	25.04	14.04	0,58	0,220	3,986	20,963

По сравнению с 2024 г. продукция икры в Авачинском заливе снизилась (рис. 55А). Общая продукция икры без учёта смертности на всем репродуктивном ареале восточнокамчатского минтая в 2025 г. составила 172,290×10^{12} экз., что более чем в 2 раза выше, чем в 2023 г. (рис. 55Б).

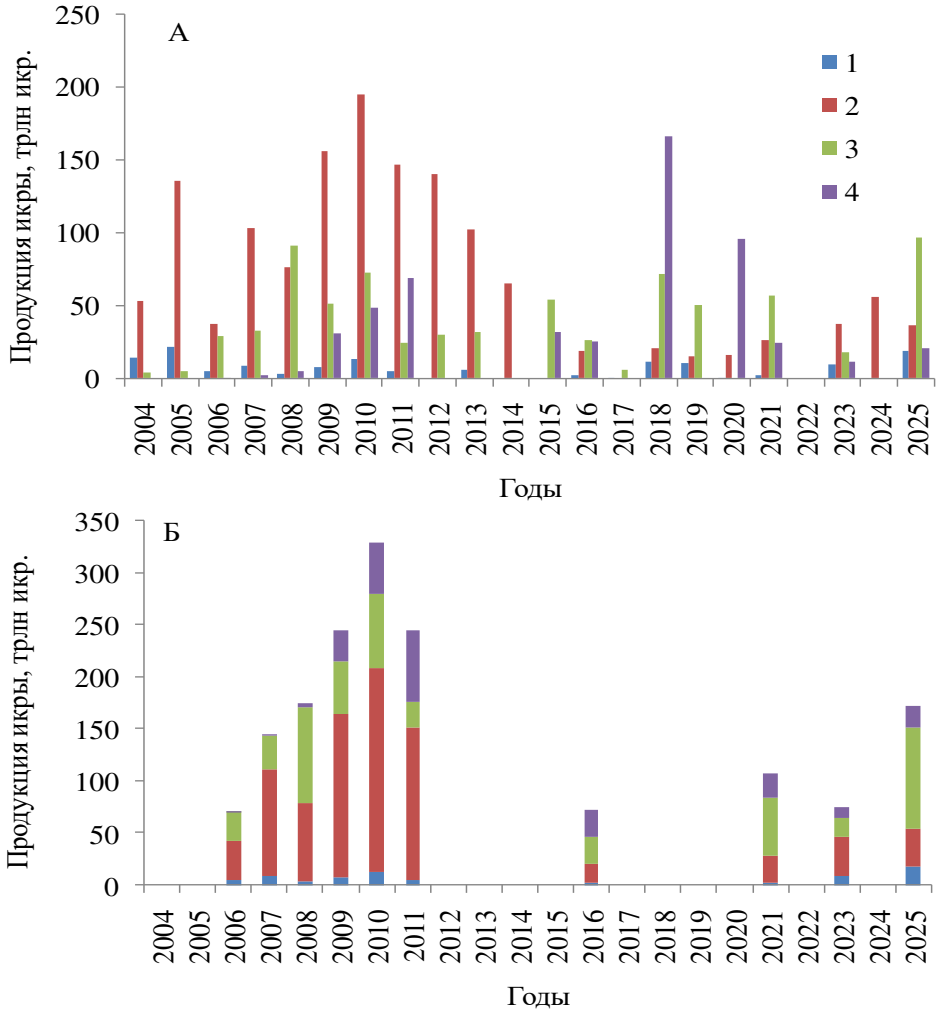


Рис. 55. Продукция икры минтая всех стадий развития (без смертности) на стандартных полигонах в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам (А), и на всем нерестовом ареале популяции (Б) (1 — Кроноцкий залив, 2 — Авачинский залив, 3 — юго-восток Камчатки, 4 — Северные Курилы)

По среднемноголетним данным (2004–2025 гг.), вклад Кроноцкого залива в общий репродуктивный потенциал популяции составлял 5,3%, Авачинского — 46,9%, юго-востока — 33,6%, Северных Курил — 14,3%.

Основное икрометание минтая в Авачинском заливе происходит в районе глубоководных каньонов [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004], среди которых наибольшее значение имеет, так называемый, «северный» каньон [Ильин и др., 2014; Ильин, Саушкина, 2022]. В рассматриваемый интервал лет максимальная продукция икры в этом каньоне зарегистрирована в 2010 г. (рис. 56А). Затем она снизилась, а очередной максимум отмечен в 2020 г. В 2022–2024 гг. величина индекса находилась на невысоком уровне, а в 2025 г. существенно возросла.

Наибольшие значения нерестового запаса зафиксированы в 2008–2010 гг. (около 1,2 млн т), после чего этот показатель снижался и в 2016 г. составлял порядка 670 тыс. т (рис. 56Б). В 2021 и 2023 гг. биомасса производителей находилась примерно на одном уровне — 720 тыс. т, а в 2025 г. — увеличилась до 830 тыс. т.

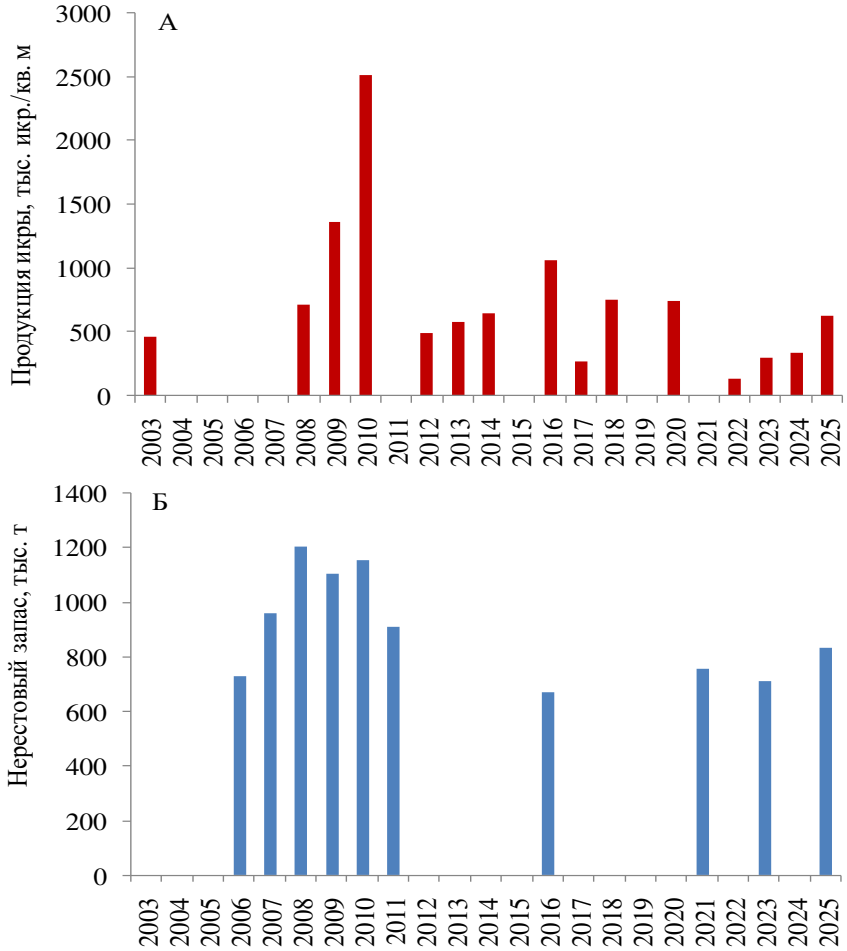


Рис. 56. Межгодовая динамика продукции икры в «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе (А), нерестового запаса (Б) восточнокамчатского минтая

Таким образом, по результатам ихтиопланктонных съемок, текущий уровень нерестового запаса минтая можно оценить как высокий.

По результатам контрольных тралений, выполненных разноглубинным тралом во время ихтиопланктонных съемок, в 2018 г. размерно-возрастной состав минтая в уловах в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне был довольно близким, но в последней было больше молоди рыб (рис. 57). Поколения 2017–2018 гг., очевидно, можно отнести к средним по численности, поскольку в уловах в 2020 г. рыбы этих когорт абсолютно доминировали в уловах. Превалировали они и в 2023 г.

В 2025 г., по результатам одного контрольного траления, выполненного у юго-восточной Камчатки, в улове отмечен минтай длиной 30–78 см, а преобладали особи размером 41–45 см (63,7%) в возрасте 5–7 лет (72,0%).

По результатам донной траловой съемки, выполненной в июне–июле 2025 г., минтай отмечен практически во всех тралениях. Уловы на 1 час траления достигали 3930 кг, а в среднем составляли 838 кг (рис. 58). Доля вида по массе в отдельных тралениях достигала 95,3% при среднем значении, равном 55,2%.

Индексы общей численности и биомассы на полигоне в Кроноцком заливе по сравнению с 2024 г. практически не изменились, а в северной части

Авачинского залива — уменьшились, на полигоне у юго-восточной Камчатки по сравнению с 2023 г. — также уменьшились (табл. 17). Какую-либо закономерность динамики численности и биомассы минтая в межгодовом аспекте установить не представляется возможным.

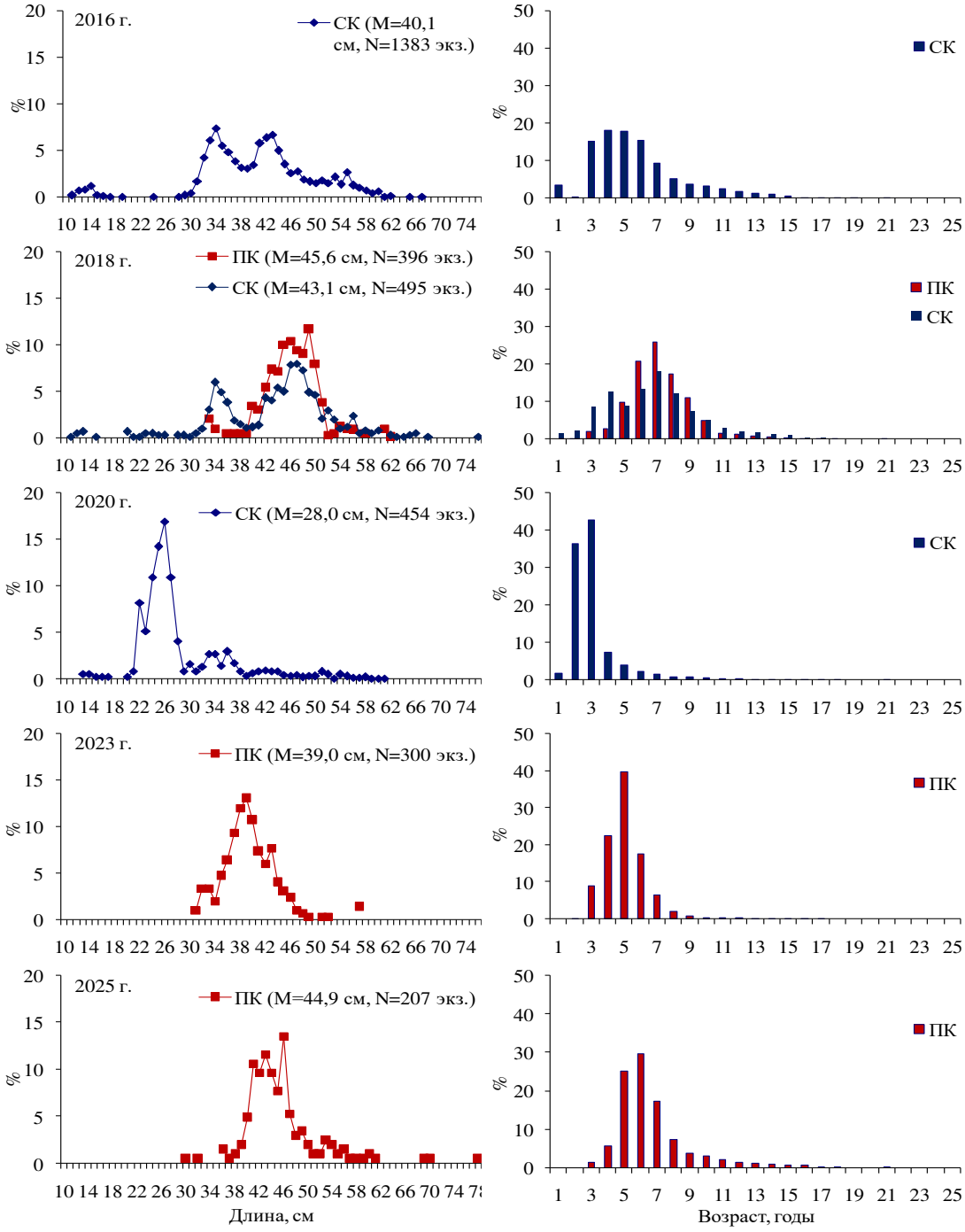


Рис. 57. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам контрольных тралений разноглубинным тралом, выполненных во время ихтиопланктонных съемок в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским о-вам, в апреле–мае 2016-2025 гг.

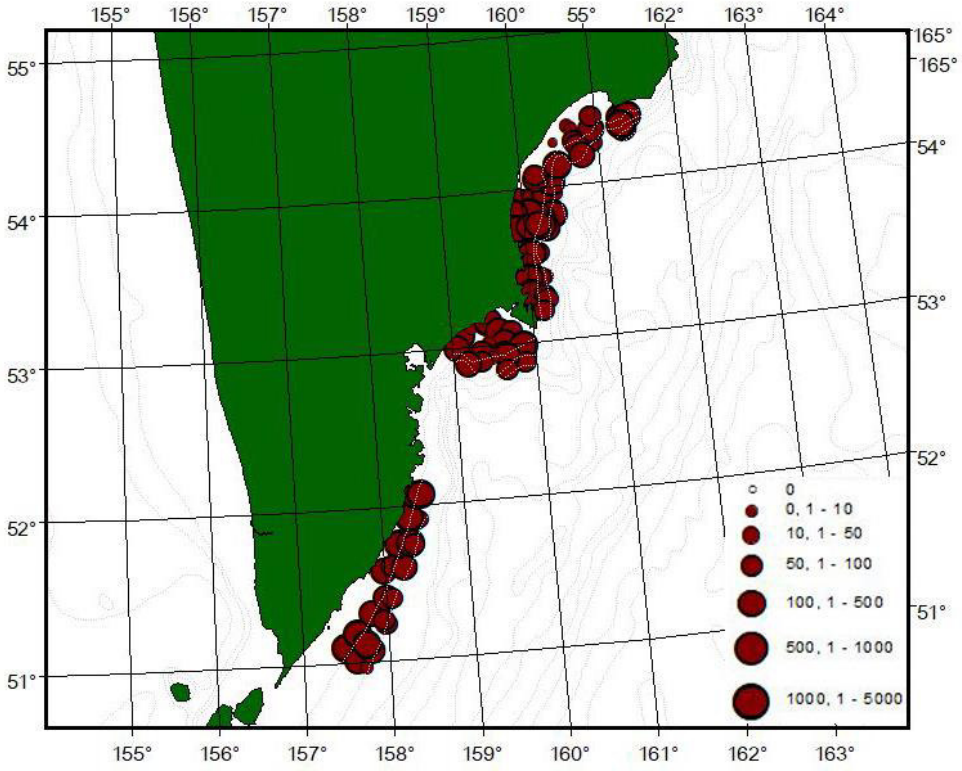


Рис. 58. Пространственное распределение уловов минтая по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне в июне–июле 2025 г., кг/час траления

Таблица 17

Межгодовая динамика индексов общей численности (N) и биомассы (B) минтая (Ку=1) по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок

Год / Полигон	N, млн экз.			B, тыс. т		
	1	2	3	1	2	3
2016	49,203	14,473	64,129	16,472	6,367	10,649
2017	—	7,276	198,571	—	3,898	47,365
2018	73,809	7,135	49,223	29,872	3,030	16,979
2019	104,557	17,861	119,438	36,989	12,772	59,245
2020	178,049	54,340	77,015	67,542	14,599	35,132
2021	49,667	24,024	66,825	34,256	17,491	27,502
2022	86,607	35,603	92,720	39,285	25,847	46,368
2023	94,100	60,652	210,906	50,967	36,401	82,845
2024	114,926	54,168	—	50,950	25,090	—
2025	113,242	31,863	84,866	48,081	17,155	32,176

Примечание: номера полигонов как на рисунке 51

Сведения о размерно-возрастном составе минтая, по результатам учетных тралений, представлены на рисунке 59.

В 2025 г. в улове отмечен минтай длиной 11–71 см, а преобладали особи размером 39–45 см (60,2%) в возрасте 3+–5+ лет (68,0%). Анализ межгодовой динамики возрастного состава минтая позволяет поколения 2014, 2018–2020 гг. отнести к генерациям повышенной численности (рис. 60).

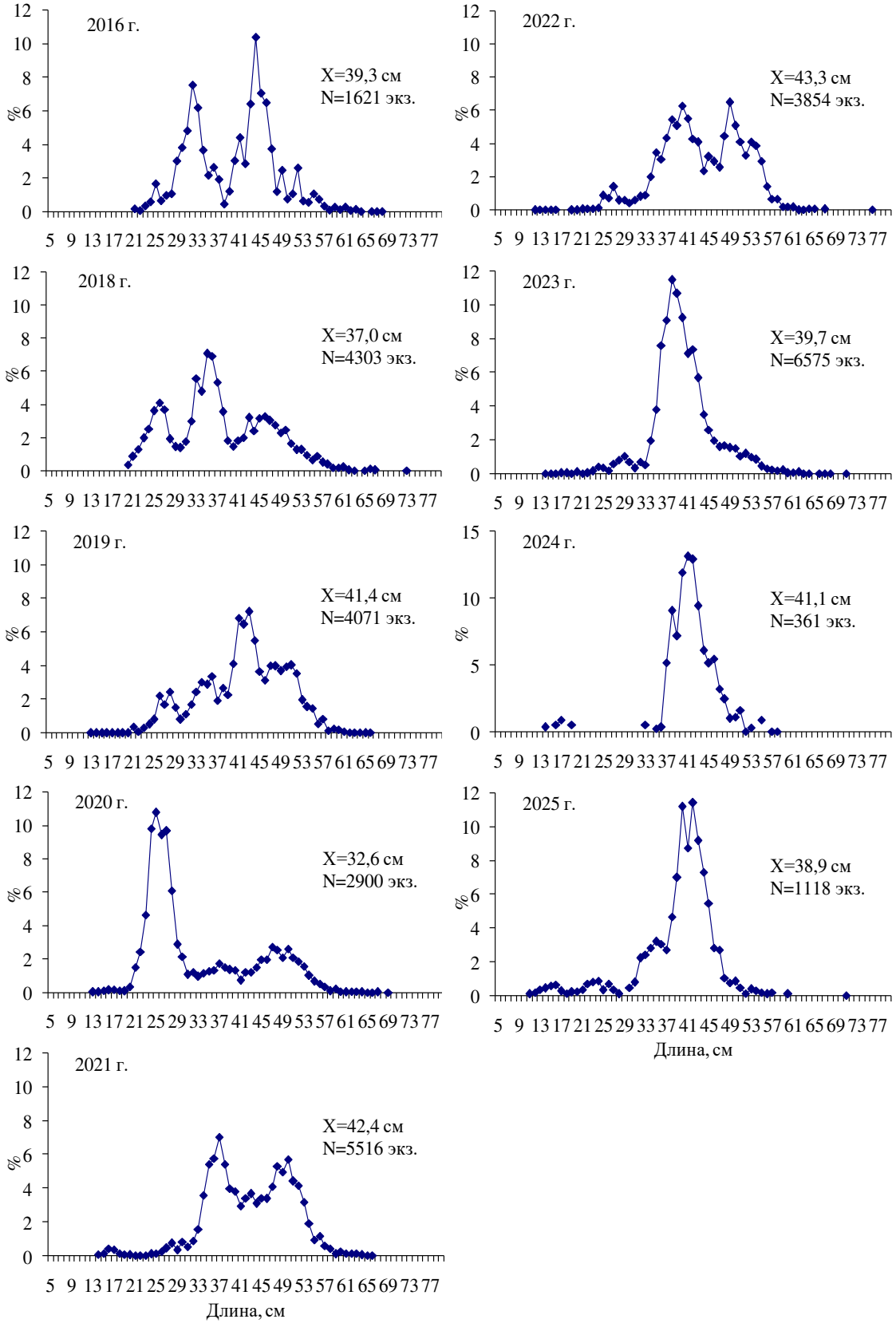


Рис. 59. Межгодовая динамика размерного состава минтая по результатам учетных донных траловых съемок на стандартных полигонах в Петропавловско-Командорской подзоне

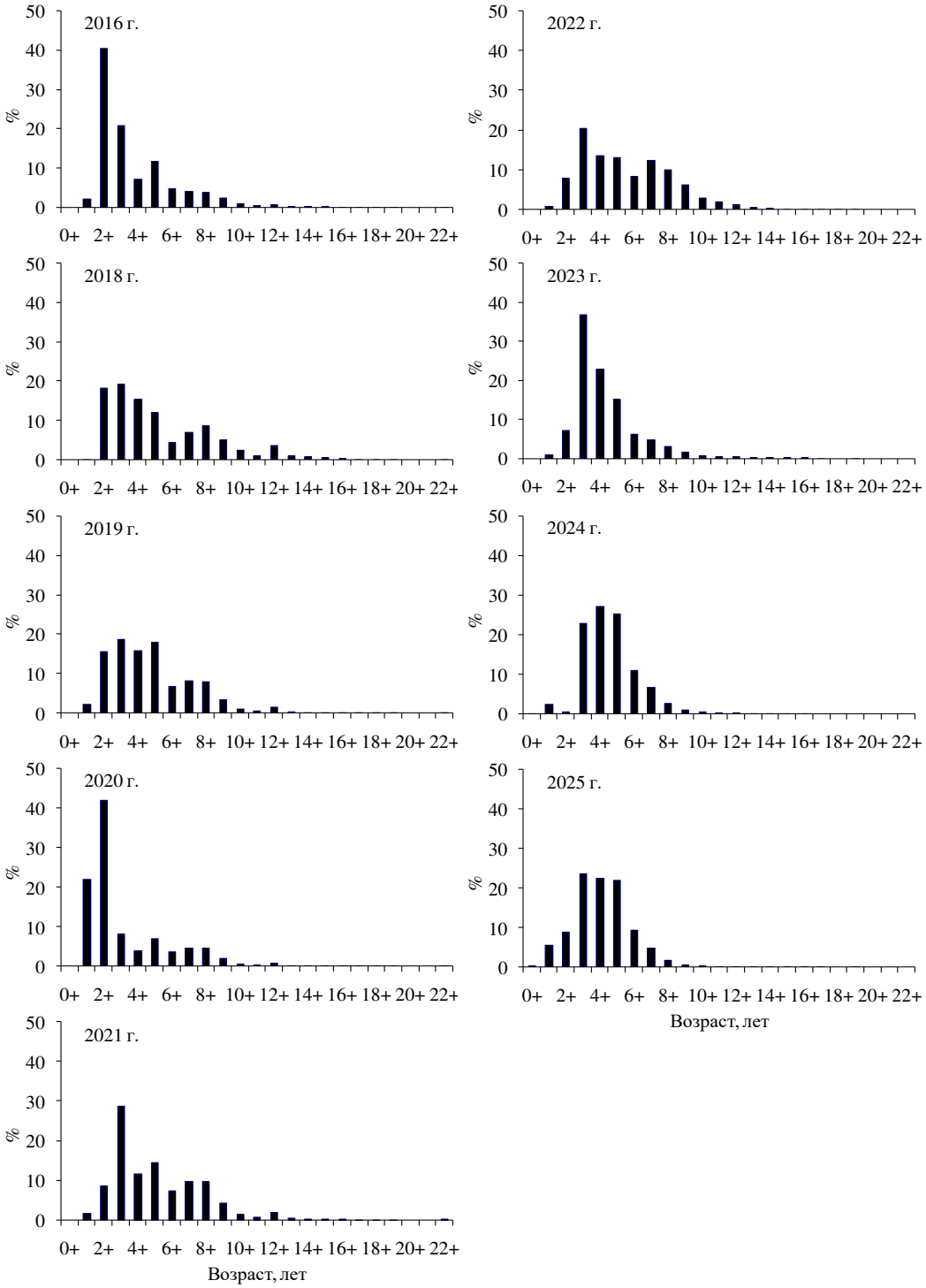


Рис. 60. Межгодовая динамика возрастного состава минтая по результатам учетных донных траловых съемок на стандартных полигонах в Петропавловско-Командорской подзоне

По модельным расчетам, биомасса общего запаса восточнокамчатского минтая в возрасте 2 года и старше на начало 2025 г. составила 2375,3 тыс. т, нерестового — 1525,3 тыс. т, а промыслового — 1763,9 тыс. т (рис. 61).

Наблюдавшийся в начале этого века бурный рост биомассы, как общего, так и нерестового запаса после 2010 г. сменился плавным снижением. С 2022 г., по модельным оценкам, наблюдается рост запасов восточнокамчатского минтая, что связано с естественными причинами —

численность вступающих в промысловый запас поколений 2018–2021 гг. оценивается выше среднемноголетнего уровня, причем поколения 2019–2020 гг. — одни из самых многочисленных за всю ретроспективу (рис. 62). В настоящее время величина нерестового запаса значительно выше установленного целевого ориентира по биомассе (рис. 61). Таким образом, в настоящее время ресурсы восточнокамчатского минтая находятся на высоком уровне с тенденцией к росту.

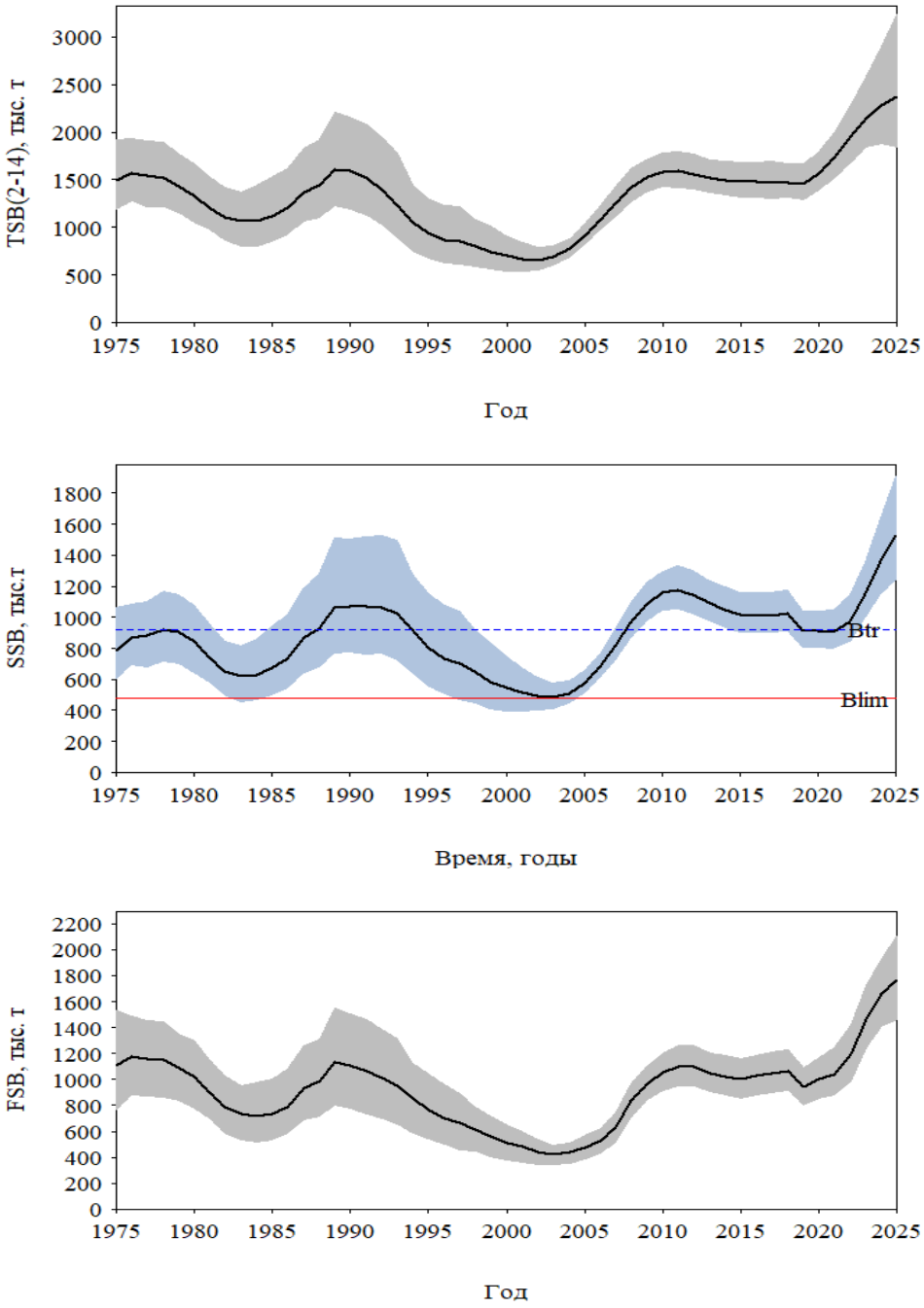


Рис. 61. Межгодовая динамика биомассы общего (TSB), нерестового (SSB) и промысловового (FSB) запаса восточнокамчатского минтая (серым цветом выделены 90% доверительные границы; синяя пунктирная линия — целевой ориентир по нерестовой биомассе, красная линия — граничный ориентир по нерестовой биомассе)

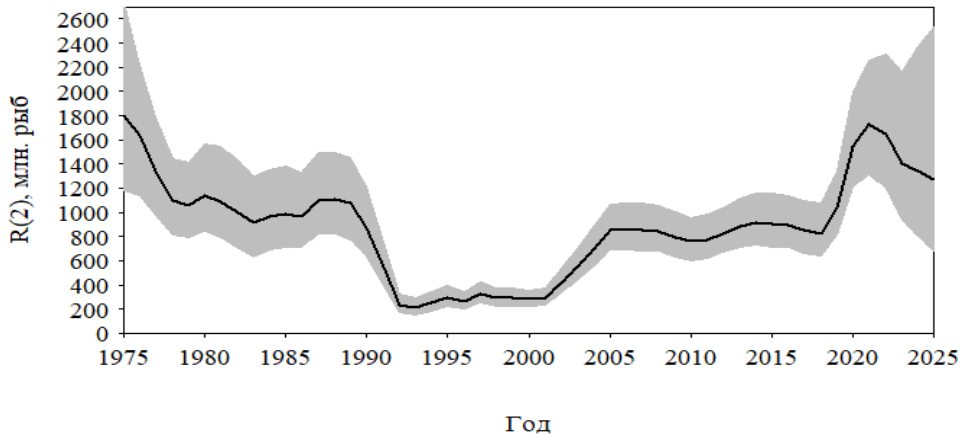


Рис. 62. Межгодовая динамика численности пополнения (R(2)) восточнокамчатского минтая (серым цветом выделены границы 90%-го доверительного интервала)

Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности приведена на рисунке 63.

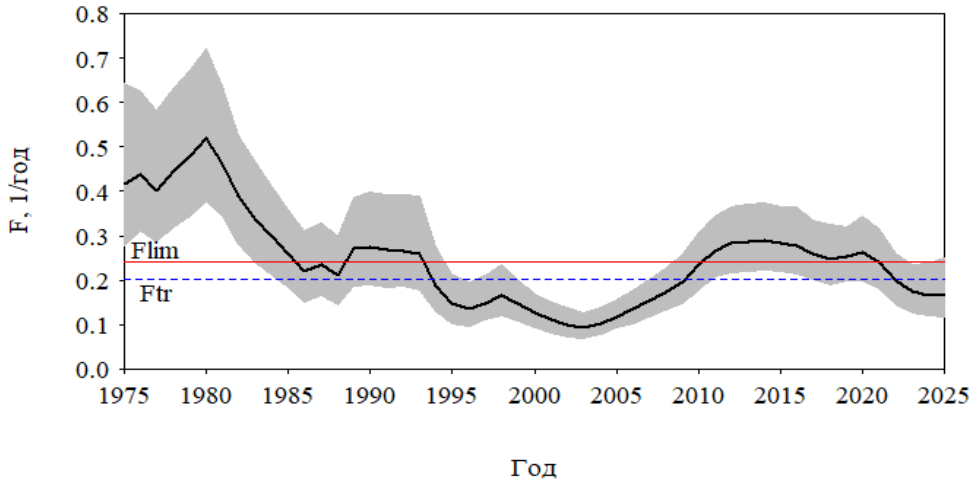


Рис. 63. Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности восточнокамчатского минтая составила 0,181 год$^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,075. Уровень показателей неопределенности популяционных параметров (стандартные ошибки, доверительные интервалы оценок) был определен по результатам статистического моделирования Монте-Карло.

Результаты ретроспективного анализа оценок биомассы нерестового запаса восточнокамчатского минтая представлены на рисунке 64.

Значение показателя Мона ρ [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило -5,0%. В работе Хуртадо-Ферро [Hurtado-Ferro et al., 2015] были предложены пороговые значения показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижний — -22%, верхний — 30%. Таким

образом, расчеты свидетельствуют об отсутствии значимой ретроспективной смещенности модельных оценок нерестовой биомассы.

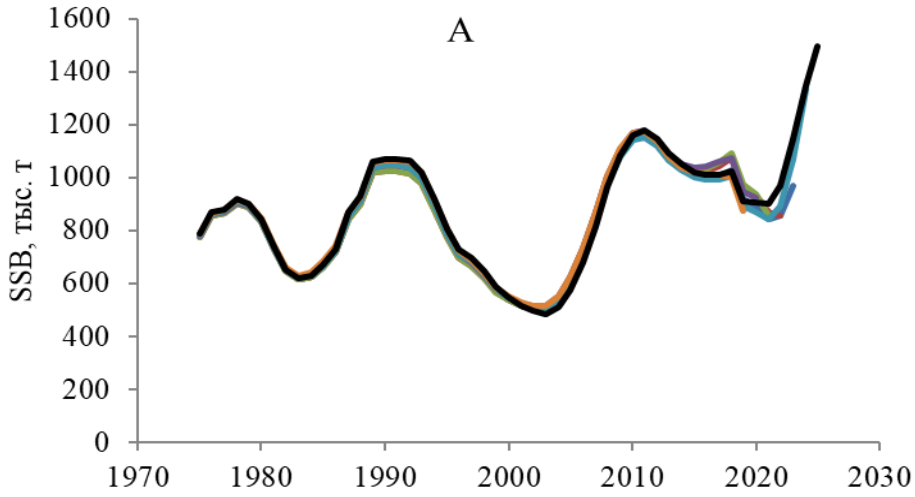


Рис. 64. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы восточнокамчатского минтая

Межгодовая динамика модельных и наблюденных индексов запаса восточнокамчатского минтая представлена на рисунке 65.

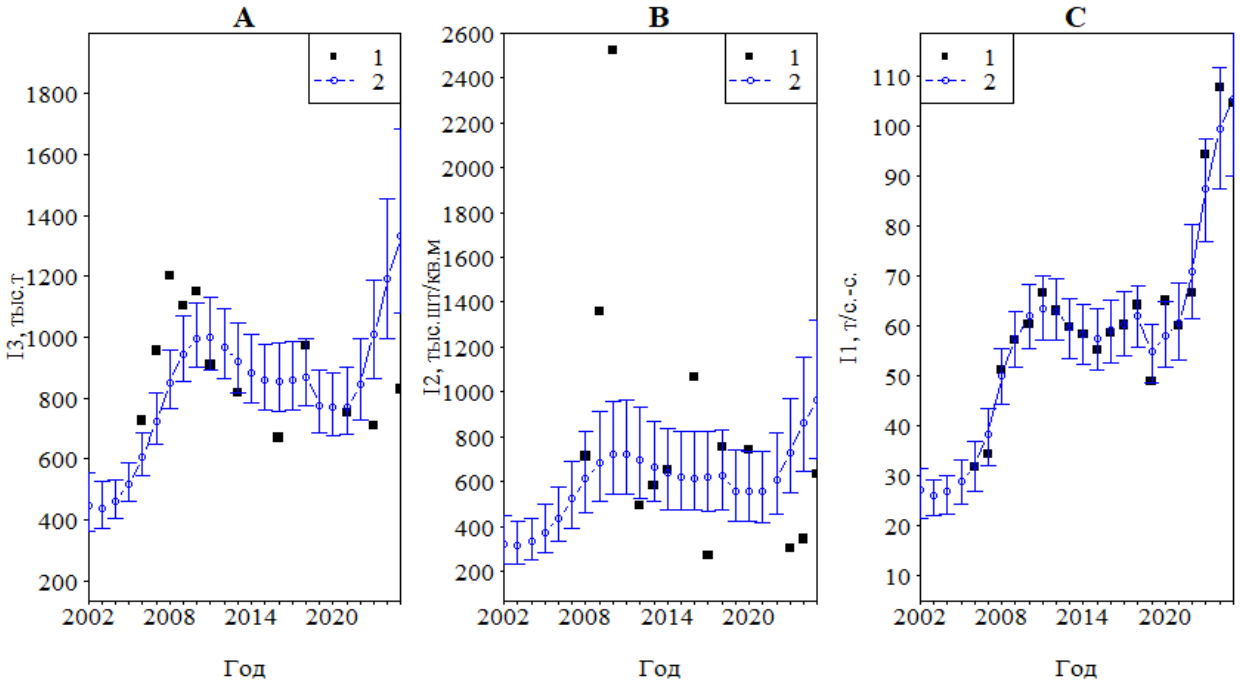


Рис. 65. Межгодовая динамика модельных (2) и наблюденных (1) индексов запаса — нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (А), продукция икры в «Северном» каньоне (Б) и стандартизованный улов на усилие (В)

В применяемой модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюденных значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые,

«нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p<0,05$.

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 66.

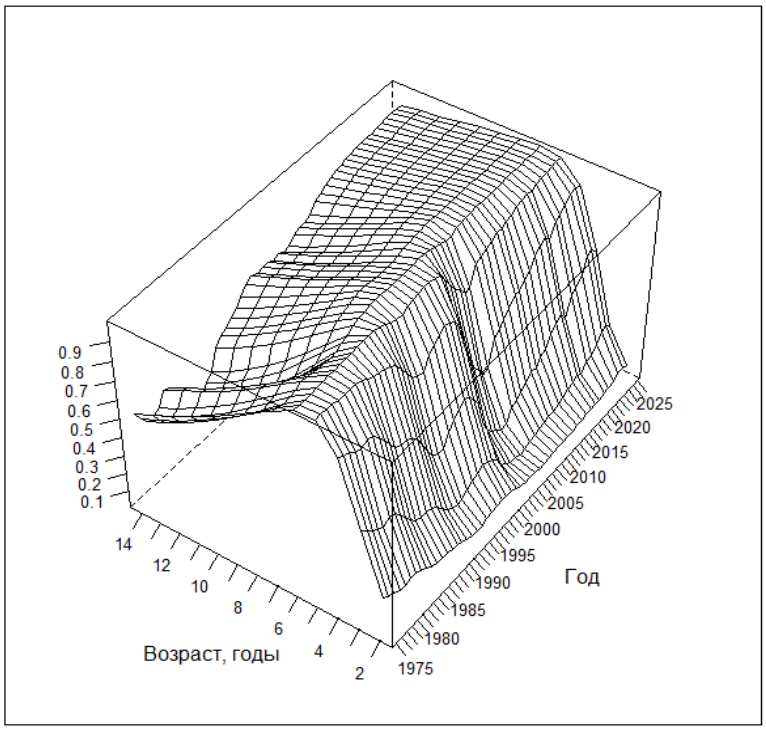


Рис. 66. Возрастные коэффициенты селективности

Можно увидеть изменения в селективности, связанные с последствиями введения в 2001 г. правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна запрета (п. 32.4 в современной редакции Правил рыболовства) на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи, устанавливаемой между мотенной частью трала и траловым мешком (кутцом). В последние годы происходит увеличение селективности в отношении мелкоразмерного минтая, которое обусловлено ростом, начиная с 2016 г., числа судов на промысле минтая, оснащенных тралами «западных» проектов («Атлантика» (несколько модификаций), «Egersund», «Gloria» (несколько модификаций) и др.) [Варкентин и др., 2021].

Состояние промысла. Первые сведения о вылове минтая в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских о-вов, японскими рыбаками относятся к 1961 г., когда было добыто 7 тыс. т (рис. 67).

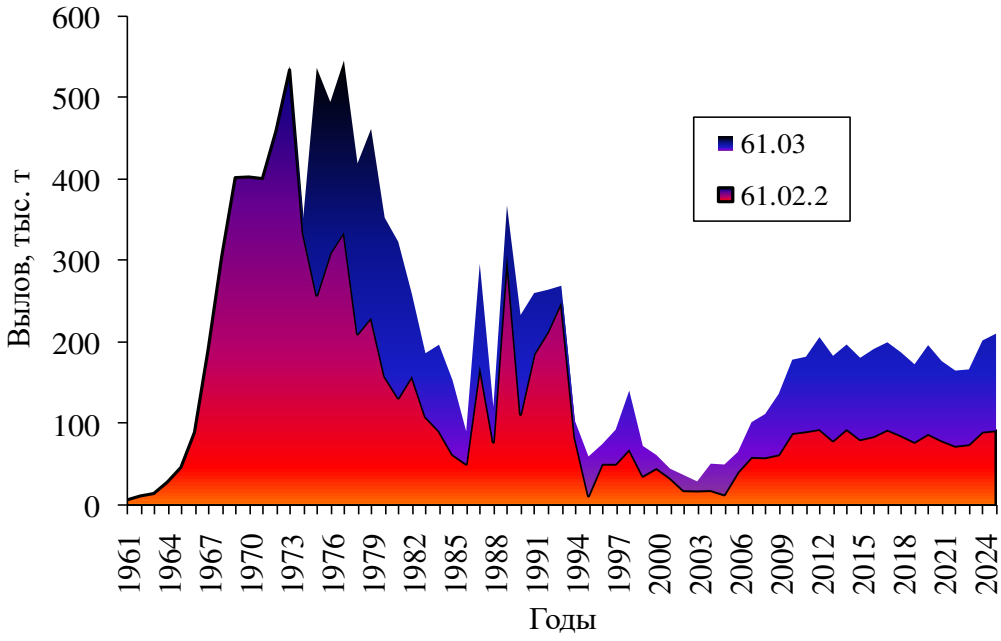


Рис. 67. Межгодовая динамика вылова восточнокамчатского минтая

Советские рыбаки специализированный промысел минтая у юго-восточной оконечности Камчатки начали в 1967 г., добыв 8,0 тыс. т. В водах Северных Курил в первой половине 1970-х гг. специализированный отечественный промысел минтая почти отсутствовал. Добывали его, в основном, в период лова терпуга, кальмара, трески. Постепенно вылов увеличивался с 3 тыс. т — в 1972 г. — до 18 тыс. т — в 1974 г. Максимальный общий вылов минтая всеми странами (СССР/РФ, Япония, Корея) в Петропавловско-Командорской подзоне отмечен в 1973 г. (534,5 тыс. т), а в Северо-Курильской зоне — 1975 г. (280 тыс. т). В 1980–1989 гг. общие уловы минтая в этих двух районах снижались и составляли, в среднем, 235 тыс. т при колебаниях от 91 до 369 тыс. т. Затем, в течение 4 лет, вылов вновь увеличивался и в 1992–1993 гг. достиг 265–270 тыс. т. После этого продолжался длительный период (1994–2006 гг.) небольших уловов, когда вылов варьировал от 27 до 141 тыс. т при средней величине, равной 66 тыс. т. Начиная с 2007 г., в связи с ростом запасов восточнокамчатского минтая, уловы вновь возросли [Варкентин, Сергеева, 2017]. В 2012 г. в этих районах добыто около 207 тыс. т. В последующие годы вылов то незначительно увеличивался, то снижался, а в среднем составлял 185,3 тыс. т. В связи с ростом ресурсов восточнокамчатского минтая, в 2024–2025 гг. вылов увеличился и в терминальном году составлял 211,1 тыс. т, в т.ч. в Петропавловско-Командорской — 92,1 тыс. т (95,0% ОДУ), в Северо-Курильской зоне — 119,0 тыс. т (98,4% ОДУ) (табл. 18).

Структура промысла восточнокамчатского минтая отличается по районам (рис. 68).

В Петропавловско-Командорской подзоне основные объемы вылова этого вида традиционно осваиваются судами, оснащенными снюрреводами. Этому способствует близость районов лова к порту Петропавловск-

Камчатский, где расположено несколько крупных рыбообрабатывающих заводов. Вклад этого вида промысла в последние 10 лет в среднем составлял 59,7%. Разноглубинными тралами в этой подзоне в указанный период добывалось в среднем 39,1%. На рисунке 68 хорошо заметно, что с 2017 г. наметился тренд на увеличение вклада в общий вылов судов тралового лова и уменьшение доли снюрреводного, что, прежде всего, связано со снижением общего количества маломерных и малых судов, которые, в основном, занимаются снюрреводным ловом.

Таблица 18

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ восточнокамчатского минтая

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
Петропавловско-Командорская подзона			
2016	88,6	84,924	95,9
2017	95,7	92,952	97,1
2018	87,2	85,949	98,6
2019	79,1	77,893	98,5
2020	89,5	87,771	98,1
2021	82,8	79,678	96,2
2022	74,8	73,050	97,7
2023	75,4	74,967	99,4
2024	91,4	90,435	98,9
2025	97,0	92,113	95,0
Северо-Курильская зона			
2016	109,5	107,349	98,0
2017	118,4	107,514	90,8
2018	107,8	102,157	94,8
2019	97,9	95,521	97,6
2020	110,8	109,197	98,6
2021	103,3	97,654	94,5
2022	93,4	92,646	99,2
2023	94,1	92,169	97,9
2024	114,1	112,273	98,4
2025	120,9	119,002	98,4
Оба района			
2016	198,1	192,273	97,1
2017	214,1	200,466	93,6
2018	195,0	188,106	96,5
2019	177,0	173,414	98,0
2020	200,3	196,968	98,3
2021	186,1	177,332	95,3
2022	168,2	165,696	98,5
2023	169,5	167,136	98,6
2024	205,5	202,708	98,6
2025	217,9	211,115	96,9

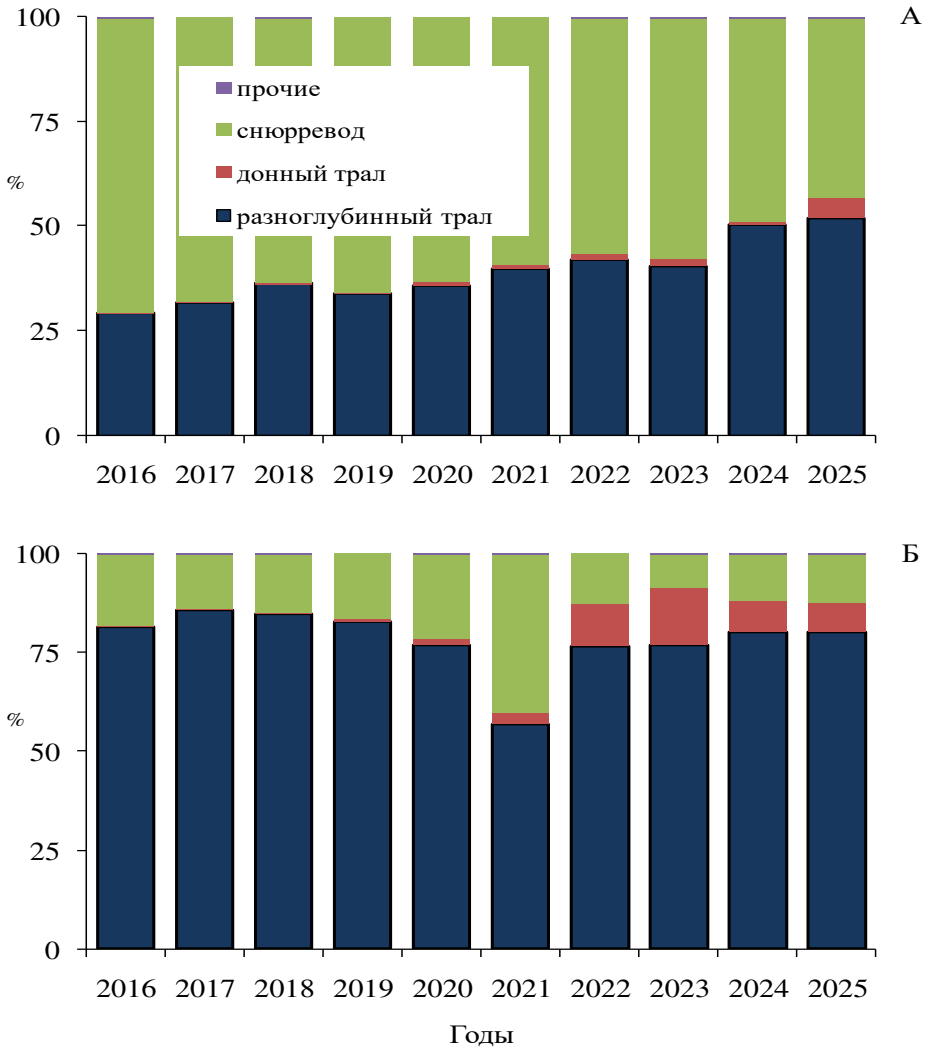


Рис. 68. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая разными орудиями лова в Петропавловско-Командорской подзоне (А) и Северо-Курильской зоне (Б)

Как следствие, в 2024–2025 гг. общий вылов минтая разноглубинными тралами был выше, чем снюрреводами. В незначительных объемах минтай в Петропавловско-Командорской подзоне вылавливают в качестве прилова на донном траловом промысле терпуга и рыб материкового склона, ярусном промысле трески.

В Северо-Курильской зоне основные объемы минтая осваиваются на траловом промысле (рис. 68Б). Вклад этого вида лова в 2016–2025 гг. в среднем составлял 78,2%. Снюрреводами добываются существенно меньшие объемы — в среднем за последние 10 лет 17,1%. В качестве прилова на промысле кальмаров, терпуга минтай также вылавливают донными тралами.

Как и в других районах промысла минтая, добыча его в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам, имеет выраженный сезонный характер, связанный, как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и во многом с экономическими причинами, и, в частности, рентабельностью лова. Согласно пп. 28.1 в) и е) Правил рыболовства для

Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза РФ от 06.05.2022 г. № 285, запрещается специализированная добыча минтая в Петропавловско-Командорской подзоне с начала массового нереста, но не позднее, чем с 15 февраля по 1 мая, а снюрреводами к северу от м. Поворотный — с 16 марта по 1 мая, на акватории к югу от м. Поворотный — с 26 марта по 10 мая; в Северо-Курильской зоне — с начала массового нереста, но не позднее, чем с 10 апреля по 10 мая.

В 2025 г. в Петропавловско-Командорской подзоне наибольший вылов минтая разноглубинными тралами пришелся на январь–март и август–сентябрь (рис. 69А), а снюрреводами — январь–март и сентябрь–декабрь. Наибольшие объемы донным тралом освоены в апреле.

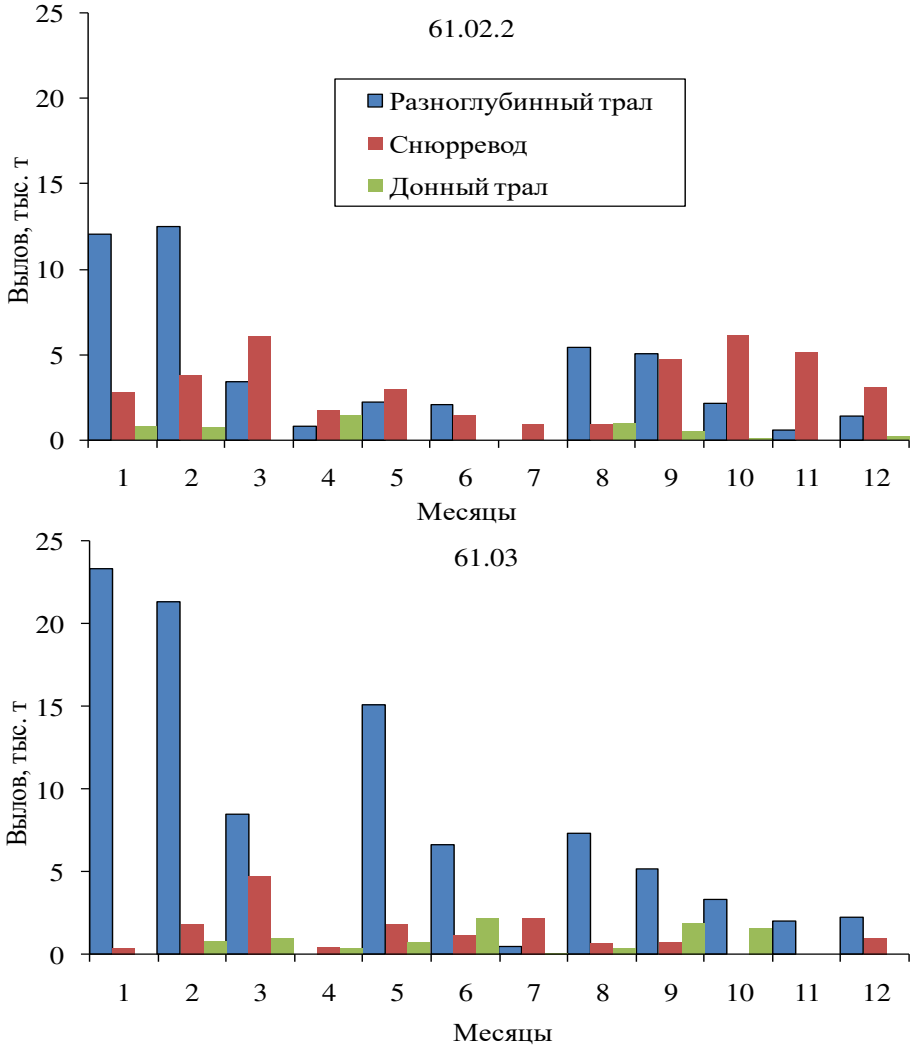


Рис. 69. Сезонная динамика вылова восточнокамчатского минтая на разных видах промысла в 2025 г.

В Северо-Курильской зоне значительные объемы разноглубинными тралами освоены в январе–марте, в мае–июне и в августе–октябре (рис. 69Б). Промысел снюрреводами наиболее интенсивно велся в январе–марте и в мае–июне, а максимальный вылов донными тралами пришелся на июнь.

В 2025 г. индекс улова на единицу усилия по сравнению с 2024 г. незначительно снизился, но по-прежнему оставался на высоком уровне (рис. 53), что косвенно свидетельствует о благоприятной промысловой обстановке, обусловленной, в том числе, хорошим состоянием запасов восточнокамчатского минтая.

В Петропавловско-Командорской подзоне в первом полугодии 2025 г. в уловах разноглубинным тралом доминировал минтай размерных групп 41–46 см (53,1%), а в уловах снюрреводом — 28–33 см (17,3%) и 41–46 см (41,1%) (рис. 70А). Соответственно, во втором случае средняя длина рыб была меньше, чем в первом.

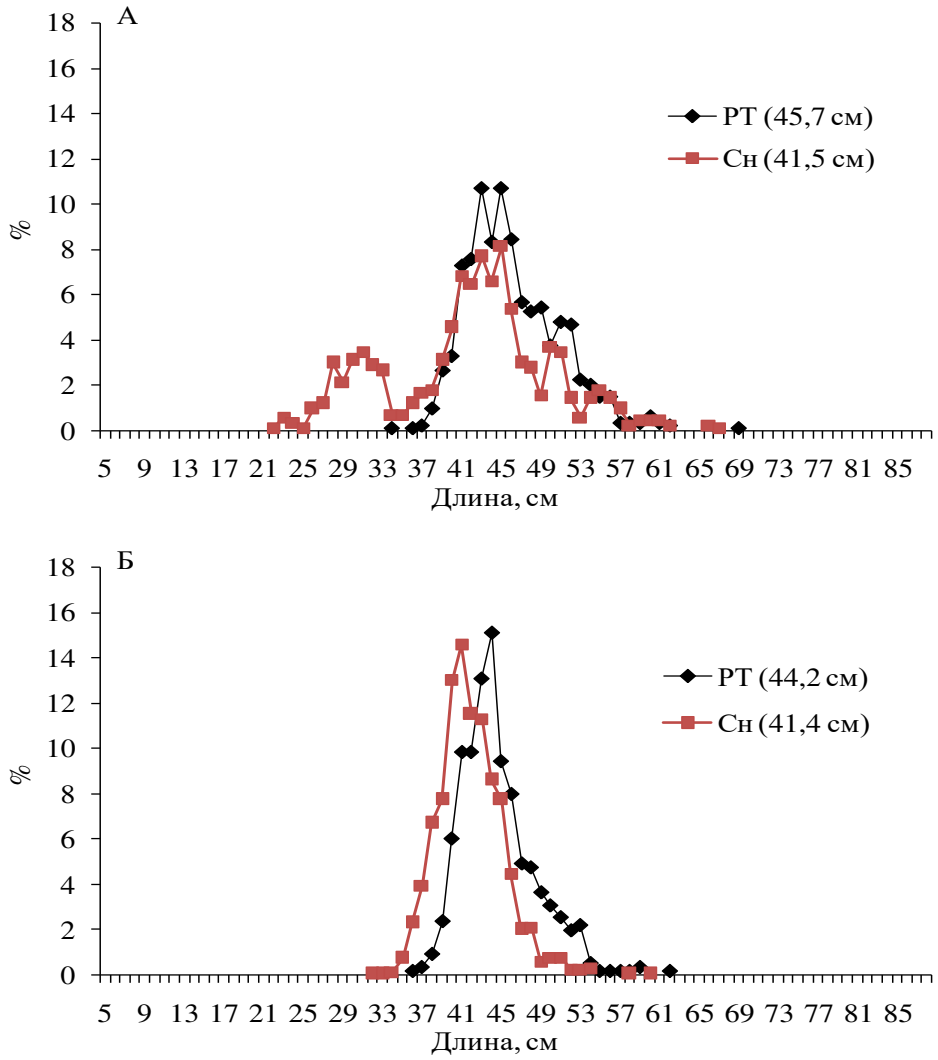


Рис. 70. Размерный состав минтая в Петропавловско-Командорской подзоне в промысловых уловах разными орудиями лова в первом (А) и втором (Б) полугодиях 2025 г.

В той же подзоне во втором полугодии в уловах разноглубинным тралом размерный состав минтая значительных изменений не претерпел, а в уловах снюрреводом — превалировали рыбы других размерных групп 40–

43 см (50,4%) (рис. 70Б). Как и в первом полугодии, средняя длина во втором случае была меньше, чем в первом.

В Северо-Курильской зоне в первом полугодии 2025 г. в траловых уловах доминировали рыбы размерных групп 41–47 см (65,1%), а в снюрреводных — 38–44 см (52,7%) (рис. 71).

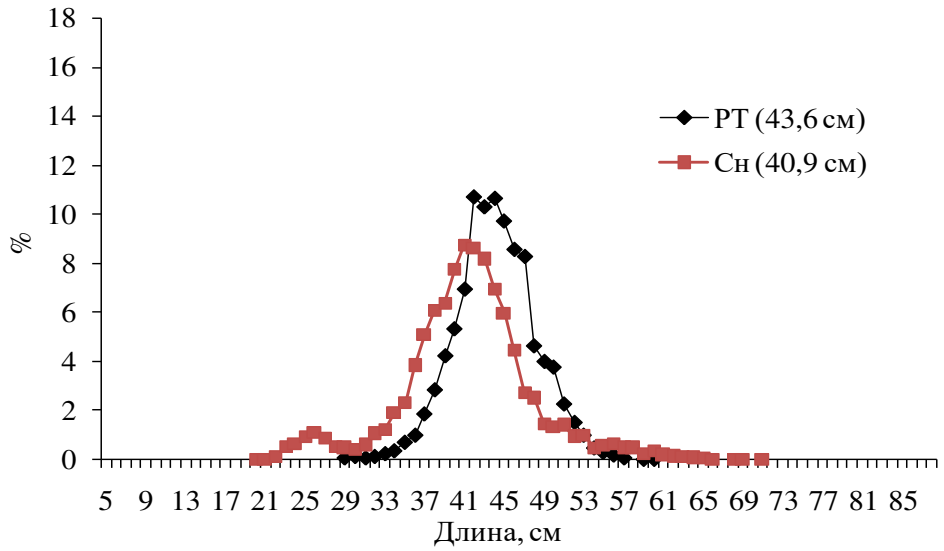


Рис. 71. Размерный состав минтая в Северо-Курильской зоне в промысловых уловах разными орудиями лова в первом полугодии 2025 г.

Итоговый размерный состав восточнокамчатского минтая в промысловых уловах рассчитывали по рыбопромысловым районам, типам промысла и полугодиям с учетом вылова и средней массы рыб. Из-за недостаточного объема данных сделан ряд допущений:

— в Петропавловско-Командорской подзоне размерный состав минтая в уловах донным тралом в первом и втором полугодиях принят таким же, как в уловах снюрреводом;

— в Северо-Курильской зоне в первом полугодии размерный состав минтая в уловах донным тралом принят таким же, как в уловах снюрреводом, а во втором полугодии для всех орудий лова — таким же, как в первом полугодии.

Таким образом, в 2025 г. в промысловых уловах встречался минтай длиной от 20 до 71 см, а основу составляли рыбы размерных групп 41–46 см (53,6%) в возрасте 4–7 лет (75,1%) (рис. 72). Мода пришлась на 5-годовиков поколения 2020 г. (25,7%).

Сведения о размерно-возрастном составе восточнокамчатского минтая в промысловых уловах за последние 10 лет приведены на рисунках 73–74. Их анализ позволяет поколения 2000, 2001, 2003, 2018–2020 гг. отнести к категории урожайных, 2011, 2014–2015, 2022 гг. — средних, остальные генерации — неурожайных.

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла восточнокамчатского минтая отметим следующее:

1. В 2025 г. отмечен рост продукции икры в «Северном» каньоне;

2. В 2025 г. нерестовый запас по результатам ихтиопланктонной съемки по сравнению с 2023 г. увеличился;

3. В 2025 г. отмечен рост общего и нерестового запаса по модельным оценкам по сравнению с предыдущими годами, и в настоящее время ресурсы восточнокамчатского минтая находятся на высоком уровне с тенденцией к росту;

4. В 2025 г. освоение ОДУ составило 96,9%;

5. Стандартизированный улов на единицу усилия в 2025 г. был на высоком уровне;

6. Промысловый запас в настоящее время пополняют поколения выше среднего уровня, причем генерации 2019–2020 гг. — одни из самых многочисленных за всю ретроспективу.

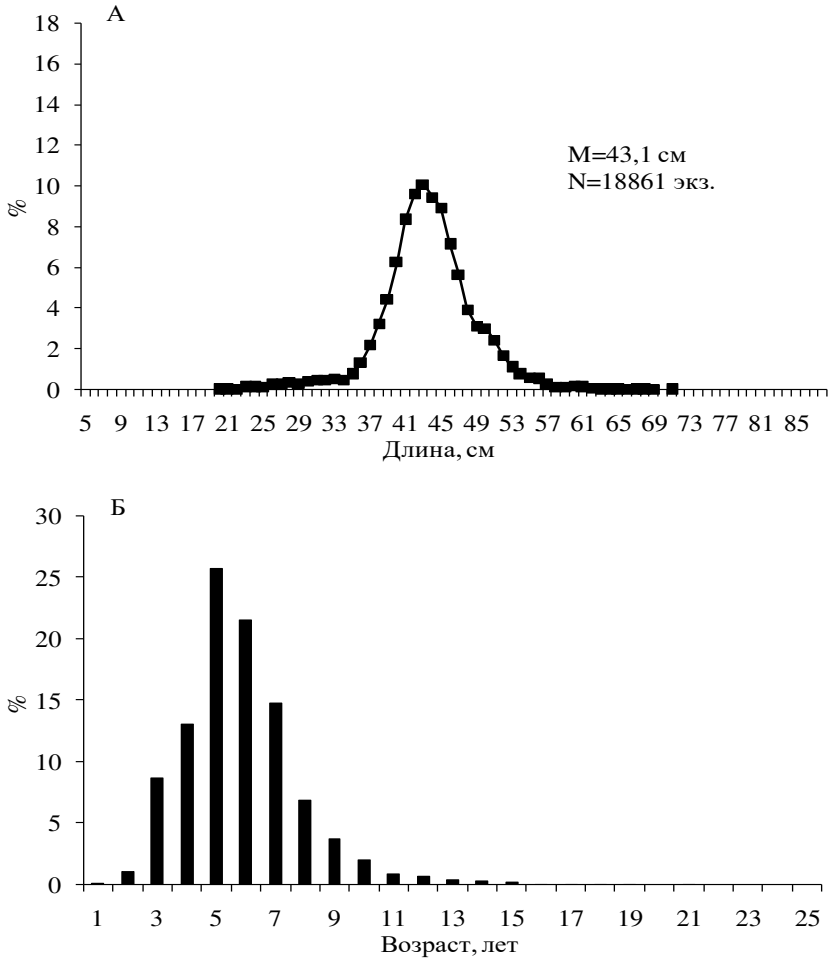


Рис. 72. Итоговый размерный (А) и возрастной (Б) состав восточнокамчатского минтая в промысловых уловах в 2025 г.

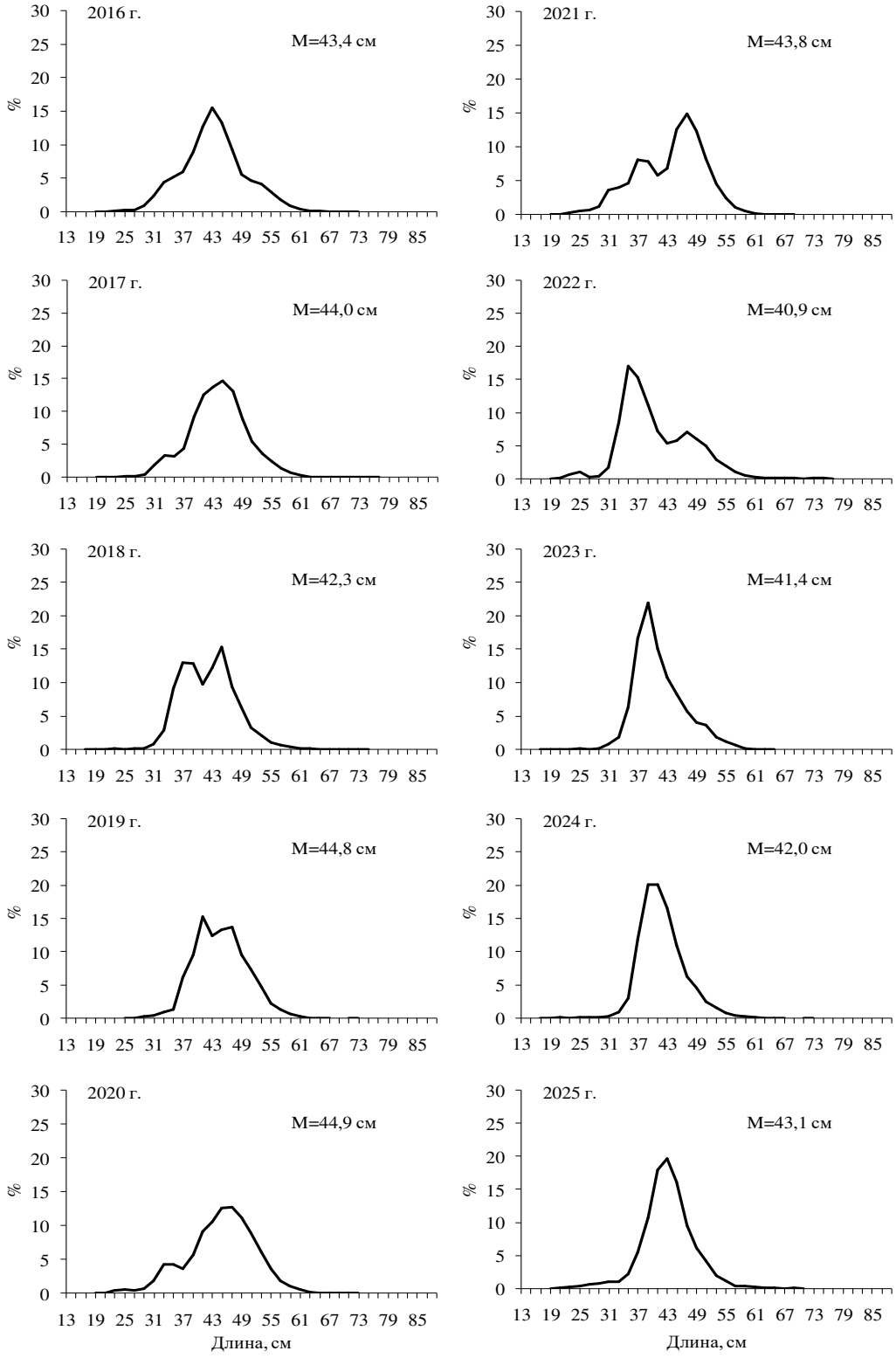


Рис. 73. Межгодовая динамика размерного состава восточнокамчатского минтая в промысловых уловах (указана средняя длина) 2016-2025 гг.

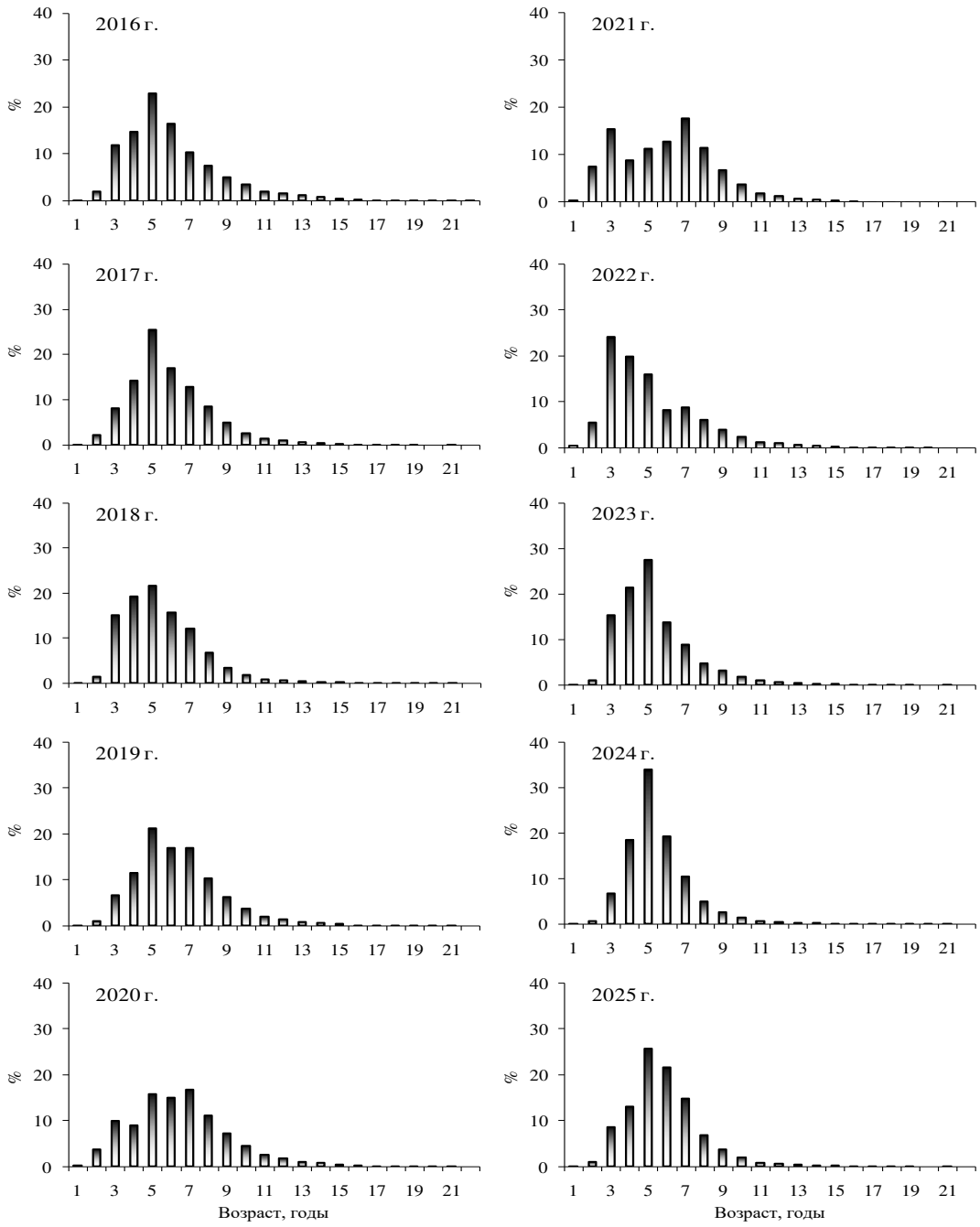


Рис. 74. Межгодовая динамика возрастного состава восточнокамчатского минтая в промысловых уловах 2016-2025 гг.

Определение биологических ориентиров

С переходом в 2022 г. на когортную модель в пространстве состояний ориентиры управления для восточнокамчатского минтая были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy}, т.е. F_{tr}=0,203 год$^{-1}$. Граничный ориентир промысловой смертности определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: F_{lim}=0,241 год$^{-1}$. Величину F_0 приняли равной 0 год$^{-1}$.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за моделируемый период с учетом неопределенности (верхняя граница 95% доверительного интервала): B_{lim}=476 тыс. т. Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас восточнокамчатского минтая, по модельным оценкам, уже находился на этом уровне в 2001–2002 гг. и при этом не потерял способности к расширенному воспроизводству. В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по промысловой смертности на кривой равновесной биомассы: B_{tr}=SSB(F_{tr})=920,5 тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], установили правило регулирования промыслом (ПРП) (рис. 75), цель которого поддержание запаса на уровне высокой продуктивности B_{tr} и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr}.

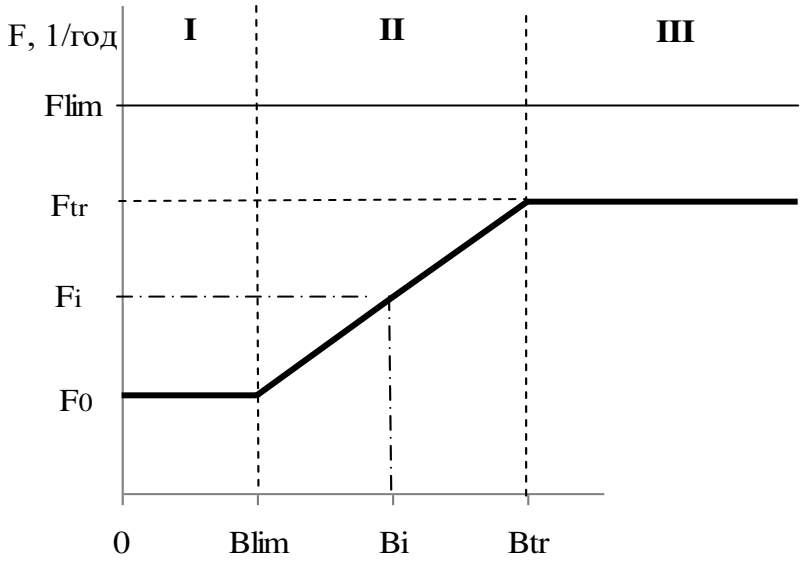


Рис. 75. Схема ПРП восточнокамчатского минтая

Аналитическая форма ПРП имеет вид:
$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,
$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim})/(B_{tr} - B_{lim})$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,
$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, массы и доли половозрелых рыб по возрастам, что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10

лет значениям (рис. 65). Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует установленной на этот год величине ОДУ, равной 265,0 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность 2-годовиков. По модельным оценкам, в 2026–2027 гг. она составит 881,1 млн экз.

При сделанных выше предположениях о величине пополнения, в ближайшие 2 года ожидается постепенное увеличение ресурсов восточнокамчатского минтая (табл. 19). На начало 2026 г. нерестовый запас составит 1613,5 тыс. т, а на начало 2027 г. — 1650,4 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2027 г. ниже целевого ориентира по биомассе равна 0%. Пик биомассы нерестового и промыслового запасов восточнокамчатского минтая, по нашим оценкам, придется на 2027 г.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Полученная оценка нерестовой биомассы восточнокамчатского минтая на начало 2026 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 75). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит 0,203 год$^{-1}$.

Величину вылова на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{reci} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{reci})]}{M_j + s_j F_{reci}}$$ [Бабаян, 2000], где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно ПРП, детерминированная оценка возможного вылова восточнокамчатского минтая в 2027 г. составила 310,9 тыс. т.

Таблица 19

Оценки численности и биомассы восточнокамчатского минтая в возрасте 2 года и старше в 2025–2027 гг.

	Возраст, лет													Всего
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	
2025														
Численность на начало года, млн экз.	1271,2	1102,1	916,6	810,0	611,9	382,0	175,2	92,5	63,5	43,9	29,3	19,4	12,4	5530,0
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,825	0,801	0,755	0,719	0,707	0,705	0,706	0,707	0,709	0,710	0,712	0,714	0,714	
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435	
Биомасса на начало года, тыс. т	164,0	317,4	372,1	415,5	383,6	285,7	150,6	88,8	66,4	49,9	36,4	26,9	17,8	2375,1
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	9,5	95,3	331,6	366,4	285,7	150,6	88,8	66,4	49,9	36,4	26,9	17,8	1525,3
2026														
Численность на начало года, млн экз.	881,1	1048,7	882,8	691,8	582,2	432,5	269,3	123,6	65,4	45,0	31,2	20,9	13,8	5088,3
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,011	0,040	0,099	0,149	0,168	0,171	0,170	0,168	0,166	0,164	0,161	0,159	0,157	
Годовой коэффициент выживания	0,825	0,802	0,756	0,718	0,705	0,703	0,704	0,705	0,707	0,708	0,710	0,712	0,712	
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435	
Биомасса на начало года, тыс. т	113,7	302,0	358,4	354,9	365,1	323,5	231,6	118,7	68,4	51,1	38,8	29,0	19,8	2375,0
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	9,1	91,8	283,2	348,6	323,5	231,6	118,7	68,4	51,1	38,8	29,0	19,8	1613,6
2027														
Численность на начало года, млн экз.	881,1	727,1	840,9	667,3	497,1	410,6	304,0	189,5	87,2	46,2	31,9	22,2	14,8	4719,9
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,013	0,047	0,117	0,177	0,199	0,203	0,202	0,199	0,197	0,194	0,191	0,189	0,186	
Годовой коэффициент выживания	0,824	0,796	0,742	0,699	0,684	0,681	0,682	0,684	0,685	0,687	0,689	0,691	0,691	
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435	
Биомасса на начало года, тыс. т	113,7	209,4	341,4	342,3	311,7	307,1	261,5	181,9	91,2	52,5	39,6	30,8	21,3	2304,4
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	6,3	87,4	273,2	297,6	307,1	261,5	181,9	91,2	52,5	39,6	30,8	21,3	1650,4
ОДУ, тыс. т	1,3	8,8	34,6	51,0	51,6	51,8	43,8	30,2	14,9	8,5	6,3	4,8	3,3	310,9

Анализ и диагностика полученных результатов

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса восточнокамчатского минтая при реализации ПРП. С помощью процедуры риск-анализа [Francis, 1991] проводился анализ эффективности выбранной схемы регулирования. При этом оценивалась вероятность нежелательных последствий для запаса при реализации данной стратегии рыболовства в рамках указанного выше метода Монте-Карло.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляются внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляются с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделируется динамика запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций (n=1000) осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса восточнокамчатского минтая не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 76). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α= 0,1–0,2.

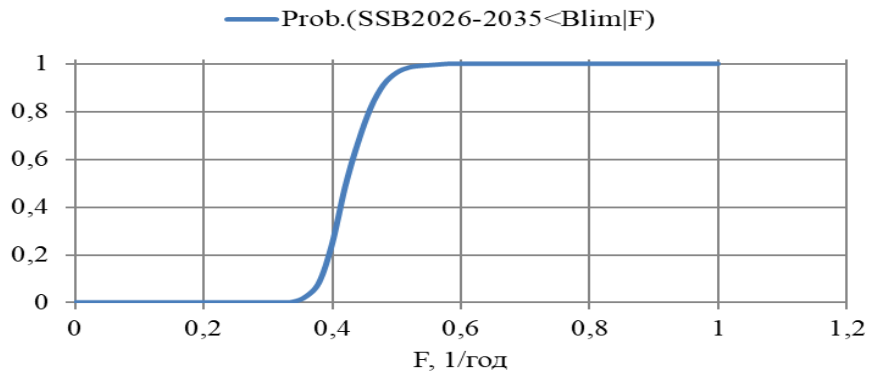


Рис. 76. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при среднемноголетней величине пополнения и рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. Как видно на рисунке 77, при сделанных предположениях относительно массы,

пополнения и селективности и при соблюдении ПРП запас восточнокамчатского минтая с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы, оставаясь выше уровня целевого ориентира по нерестовой биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет причин отказаться от действующей стратегии управления промыслом.

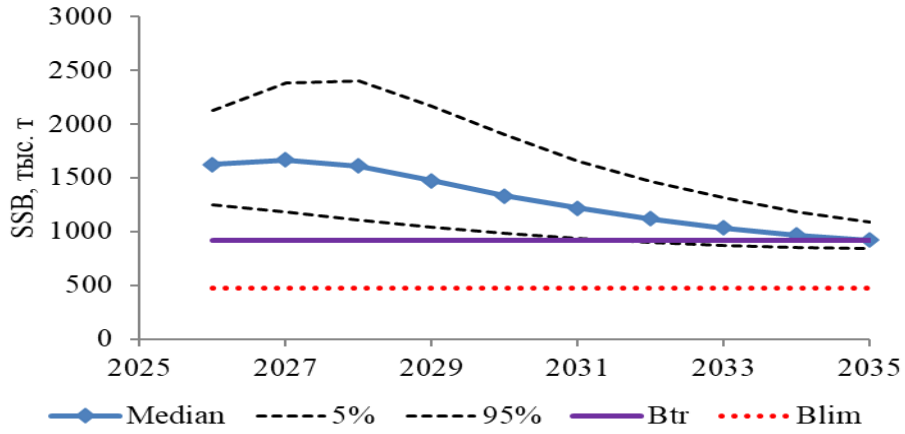


Рис. 77. Модельная динамика биомассы нерестового запаса восточнокамчатского минтая при рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия

ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, поэтому необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятой стратегии управления запасом, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P\,(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026},\ ОДУ_{2027})$ и $P\ (F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026},\ ОДУ_{2027})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению при величине вылова восточнокамчатского минтая, равной 310,9 тыс. т, не превышает рекомендованного уровня α=0,1–0,2 [Бабаян, 2000], однако, риск перелова по росту превышает 0,2 (рис. 78).

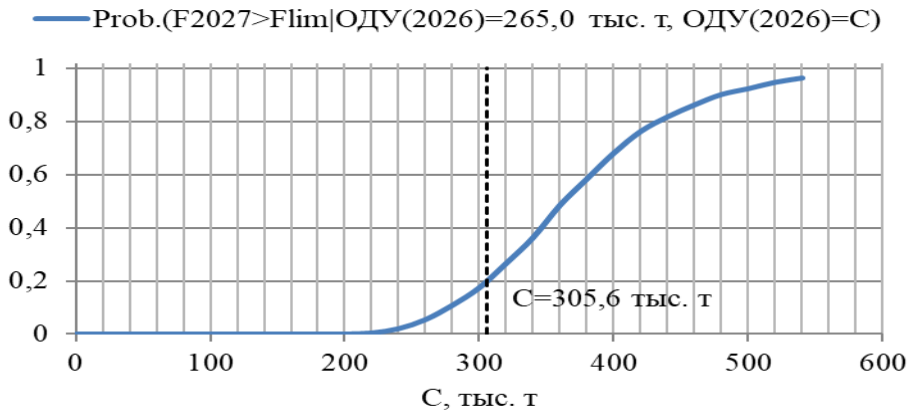


Рис. 78. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса восточнокамчатского минтая

Из данных, приведенных на рисунке 78, видно, что риск перелова равен 0,2 при величине возможного вылова в 305,6 тыс. т, которое и рекомендовано на 2027 г.

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2013 по 2025 гг. и ближайшую перспективу, представлен на рисунке 79.

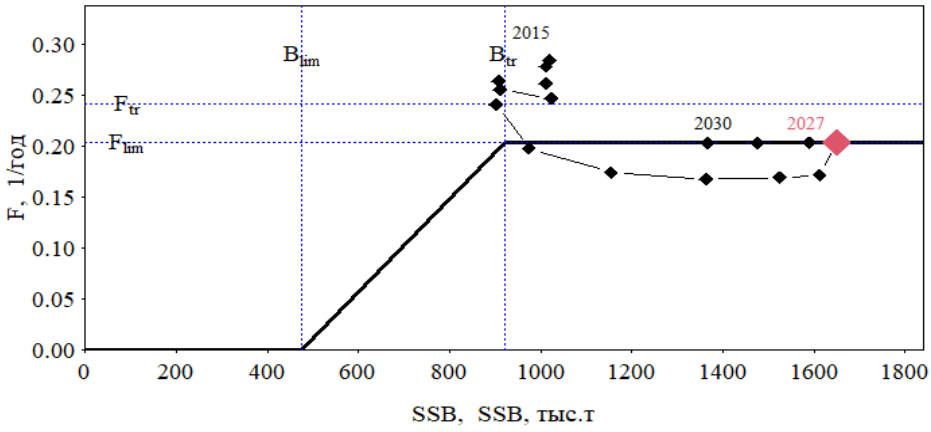


Рис. 79. Реализация правила регулирования промысла восточнокамчатского минтая

По практике прошлых лет, общий вылов восточнокамчатского минтая разделили следующим образом: подзона Петропавловско-Командорская — 135,9 тыс. т (44,5%), зона Северо-Курильская - 169,7 тыс. т (55,5%).

Таким образом, **ОДУ минтая в 2027 г.** составит: **в Петропавловско-Командорской подзоне 135,900 тыс. т, в Северо-Курильской зоне - 169,700 тыс. т**.

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: С.Л. Овсянникова («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

При формировании прогноза использованы ретроспективные данные, собранные сотрудниками «ТИНРО» в водах южных Курильских островов в 1999-2024 гг. В 2025 г. исследования проводились на НИС «Профессор Кагановский» с 21 по 31 марта на стандартном полигоне с тихоокеанской и охотоморской стороны Южных Курил, за исключением Кунаширского пролива, где работам помешали льды. В 2025 г. была выполнена акустическая съемка в сопровождении контрольных тралений, общая площадь обследованной акватории составила 20,3 тыс. км^2. Всего было выполнено 23 траления. Данные по размерному составу промысловых уловов были собраны сотрудниками «ТИНРО» на станции «Океаническая» на рыбоперерабатывающем заводе в пос. Крабозаводское (о-в Шикотан).

Для анализа промысла использована информация суточных судовых донесений (ССД), данные ОС «Мониторинг».

Обоснование выбора методов оценки запаса

Состояние запасов южнокурильского минтая, начиная с 1999 г. ежегодно оценивается по результатам комплексных научно-исследовательских экспедиций. В 2023 г. исследования были проведены с тихоокеанской стороны и охотоморской стороны района. В период с 2016 по 2022 гг. по тем или иным причинам съемки проводились с тихоокеанской стороны и лишь частично с охотоморской, за счет чего происходил недоучет промысловой части запаса в Охотоморской подзоне Южно-Курильской зоны.

В настоящее время для подготовки прогноза ОДУ доступны размерно-возрастные ряды по данным научно-исследовательских траловых съемок с 1999 г., исторические ряды уловов, промысловых усилий и уловов на единицу промыслового усилия по данным судовых суточных донесений (ССД) с 2003 г. С 2022 г. готовятся возрастные ряды промысловых уловов, матрица вылова и среднемноголетние значения биологических характеристик (масса и доля половозрелых рыб по возрастным классам).

Исходя из структуры имеющейся многолетней информации о состоянии запасов и промысла, с учетом качества собранных в 2025 г. данных, информационная обеспеченность прогноза соответствует I уровню. С 2019 г. для оценки запаса и обоснования ОДУ применялись модели прибавочной продукции и с использованием пакета прикладных программ (ППП) «COMBI4.0». Согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 и «Методическим рекомендациям по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации…, 2018], для расчета ОДУ по данным, соответствующим I уровню информационного обеспечения, необходимо применять когортные модели. Из перечня рекомендованных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез», которая в 2022 г. впервые была применена для оценки и прогноза состояния запаса и определения ОДУ минтая Южно-Курильской зоны на 2024 г.

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам рассчитан в программе «Methods» по методике Тюрина [1972]. Расчёт запасов, ОДУ и анализ рисков проводились по программе «TAC». Целевые ориентиры и правило регулирования промысла (ПРП) рассчитаны в программе «COMBI 4.0». В качестве настроечных индексов в модели использованы данные тралово-акустических съемок «ТИНРО» с 1999 г.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние промысла. В Южно-Курильской промысловой зоне в 1970-1980-е гг. добывалось 9-26% суммарного ежегодного вылова в рыболовной зоне России и до 10% мирового улова этого вида. В этот период российский вылов достигал более 400 тыс. т в год (табл. 20) [Фадеев, Веспестад, 2001]. Значительное сокращение вылова началось с 1991 г., а в 1995–1997 гг.

минтай ловился только как прилов при промысле других объектов. В 1998 г. специализированный промысел был восстановлен в связи с подъемом запасов, вылов составил 24 тыс. т. До 2001 г. наблюдался рост вылова до 42,2 тыс. т, а с 2002 г. он постепенно снизился до 5-7 тыс. т в год. С 2001 г. на фоне сокращения численности старшевозрастного минтая ОДУ снижался.

Таблица 20

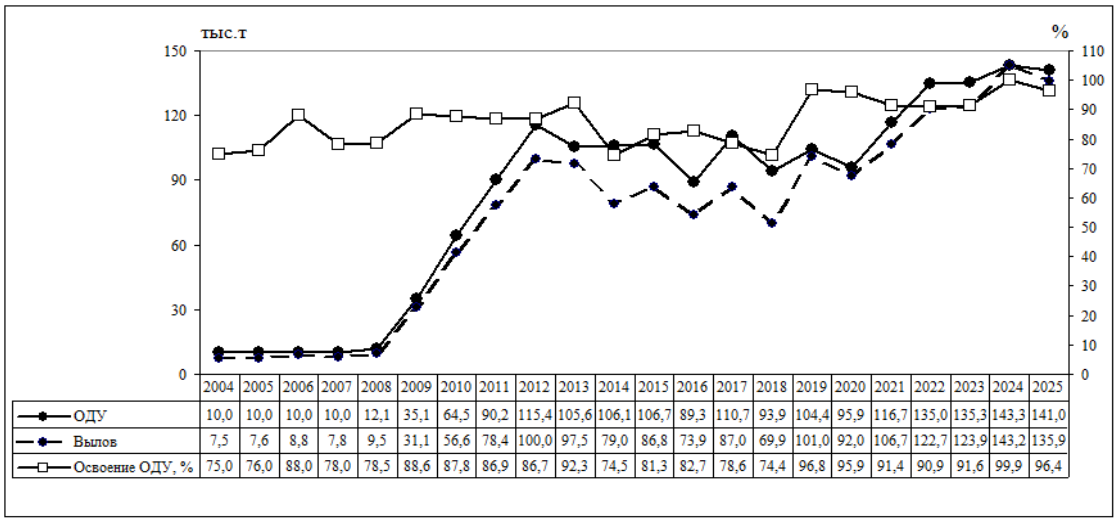
Российский годовой вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 1986-2024 гг., тыс. т

Год	**1986**	**1987**	**1988**	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**
Вылов	400,0	313,0	380,0	422,0	395,0	203,0	161,0	69,0	17,0	5,0	3,0	6,0
Год	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Вылов	24	25,6	42,2	18,6	8,9	8,1	4,9	5,0	5,7	5,3	6,8	28,8

Год	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Вылов	55,2	76,9	98,2	97,5	79,0	86,8	73,9	86,8	69,9	100,0	92,0

Год	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
Вылов	106,7	122,7	123,9	143,2	135,9

В 2009-2013 гг. промысел минтая активизировался, в том числе и в нагульный период в связи с ростом запасов (рис. 80).



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ОДУ	10,0	10,0	10,0	10,0	12,1	35,1	64,5	90,2	115,4	105,6	106,1	106,7	89,3	110,7	93,9	104,4	95,9	116,7	135,0	135,3	143,3	141,0
Вылов	7,5	7,6	8,8	7,8	9,5	31,1	56,6	78,4	100,0	97,5	79,0	86,8	73,9	87,0	69,9	101,0	92,0	106,7	122,7	123,9	143,2	135,9
Освоение ОДУ, %	75,0	76,0	88,0	78,0	78,5	88,6	87,8	86,9	86,7	92,3	74,5	81,3	82,7	78,6	74,4	96,8	95,9	91,4	90,9	91,6	99,9	96,4

Рис. 80. ОДУ, вылов и освоение ОДУ минтая в Южно-Курильской зоне в 2004–2025 гг.

В 2010-е гг. с мая по сентябрь преимущественно в районе Малой Курильской гряды добывалось в среднем 50% от суммарного годового вылова минтая (рис. 81). В 2017-2019 гг. увеличение месячного вылова стало наблюдаться в конце лета – начале осени. Так в 2017 г. активизация промысла началась только в августе, а в сентябре был отмечен высокий месячный вылов – 24,2 тыс. т (рис. 81). В 2020-2023 гг. картина помесячной динамики вылова была типичной, относительно высокие уловы наблюдались в зимние месяцы, когда образуются нерестовые скопления, и в летние месяцы при облове нагульных скоплений. В марте-апреле и августе-октябре

обычно отмечалось снижение промысловых показателей. В 2024 г. поквартально освоение ОДУ выглядело следующим образом: I квартал – 20,5%, II – 22,7, III – 44,5, IV – 14,1%. Основной промысел как во все последние годы велся в нагульный период. Максимальный вылов отмечался с июня по октябрь, когда в сумме было добыто 81,7 тыс. т (57,0% ОДУ).

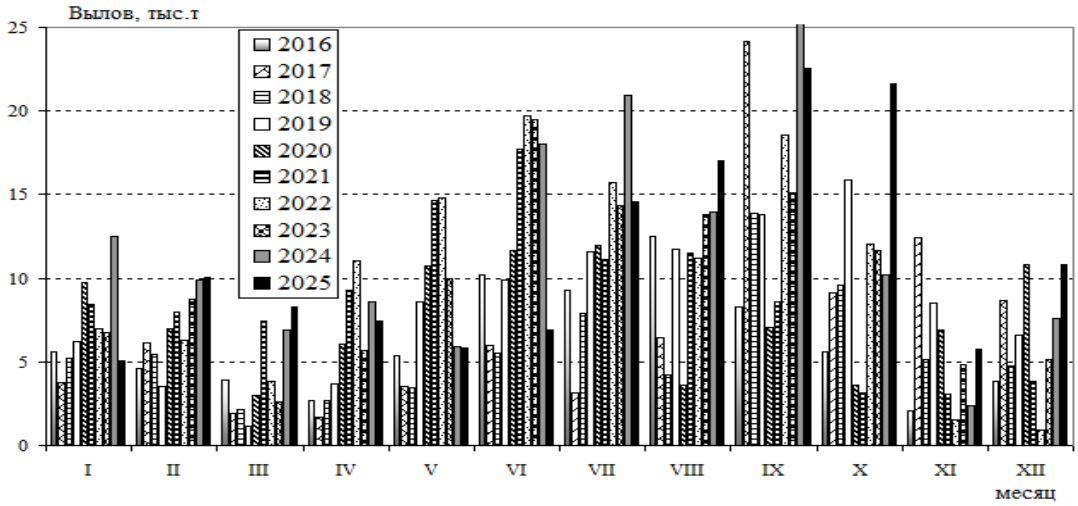


Рис. 81. Помесячный вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 2016-2025 гг.

В 2025 г. при сохранении общей тенденции более низкого вылова в нерестовый и максимального в нагульный период наблюдалось его возрастание во второй половине года. Так в I и II кварталах было выбрано 17,2 и 14,8% от годового вылова, а в III и IV кварталах 39,8 и 28,1%, соответственно. Наибольший месячный вылов был отмечен в осенний месяцы с максимумом в октябре – 22,6 тыс. т.

Данные по размерному составу уловов в Южно-Курильской зоне собиралась наблюдателями «ТИНРО» в течение всего года при сдаче их на рыбоперерабатывающий завод в пос. Крабозаводское (о-в Шикотан) (рис. 82).

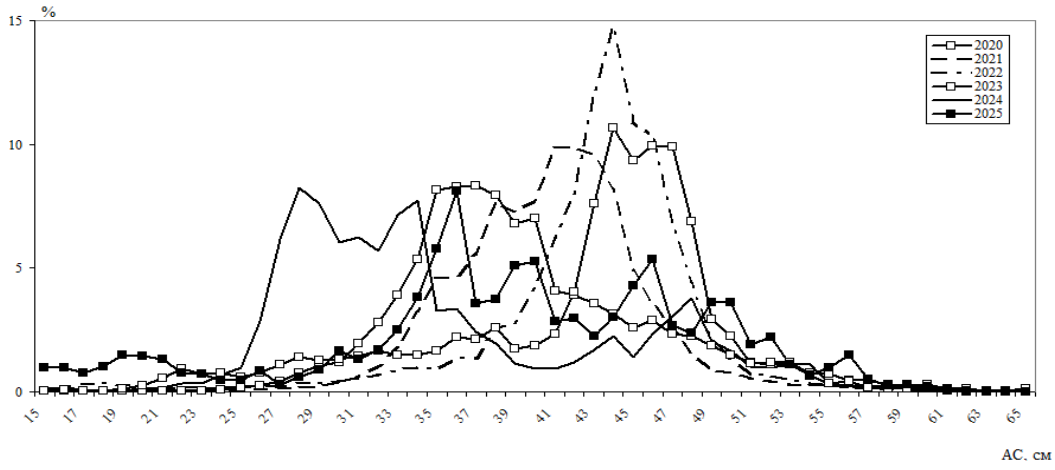


Рис. 82. Размерный состав минтая в промысловых уловах Южно-Курильской зоне в 2020-2025 гг.

В 2020 г. состав уловов при промысле минтая был одномодальным и на 56% состоял из рыб 34-40 см 2016-2017 гг. рождения (рис. 83).

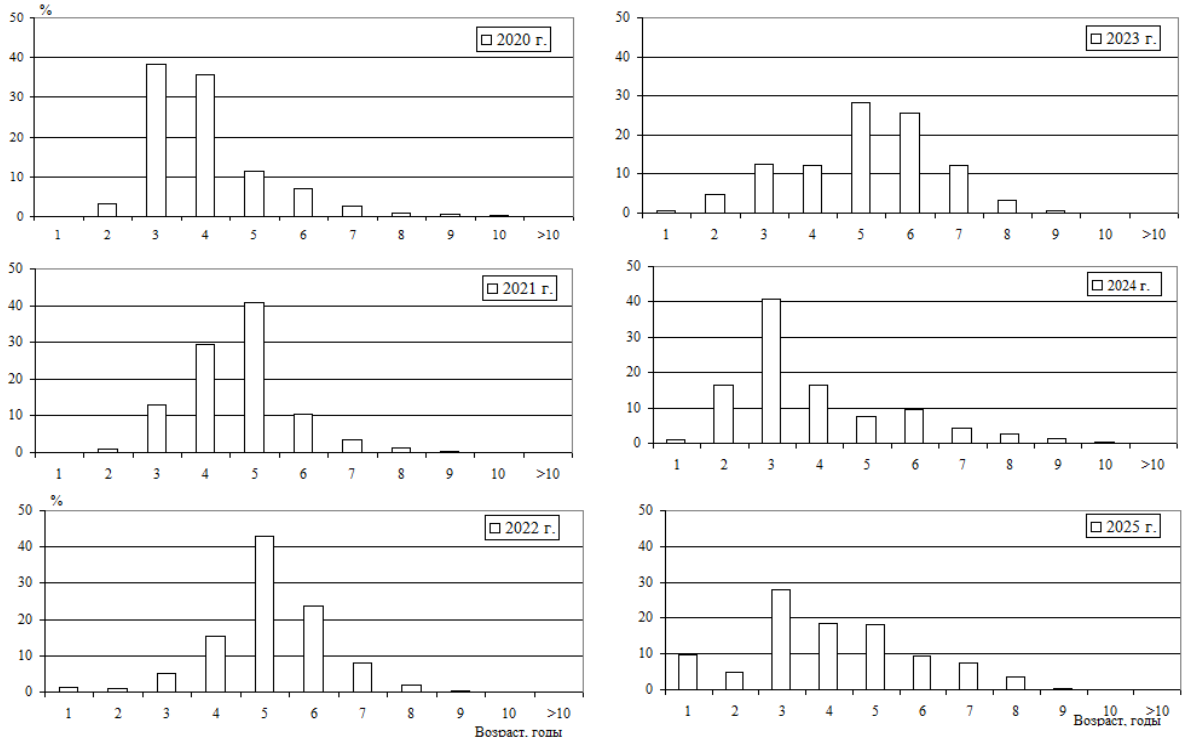


Рис. 83. Возрастной состав минтая в промысловых уловах в Южно-Курильской зоне в 2020-2025 гг.

Результативность промысла минтая отражают показатели работы флота (рис. 84).

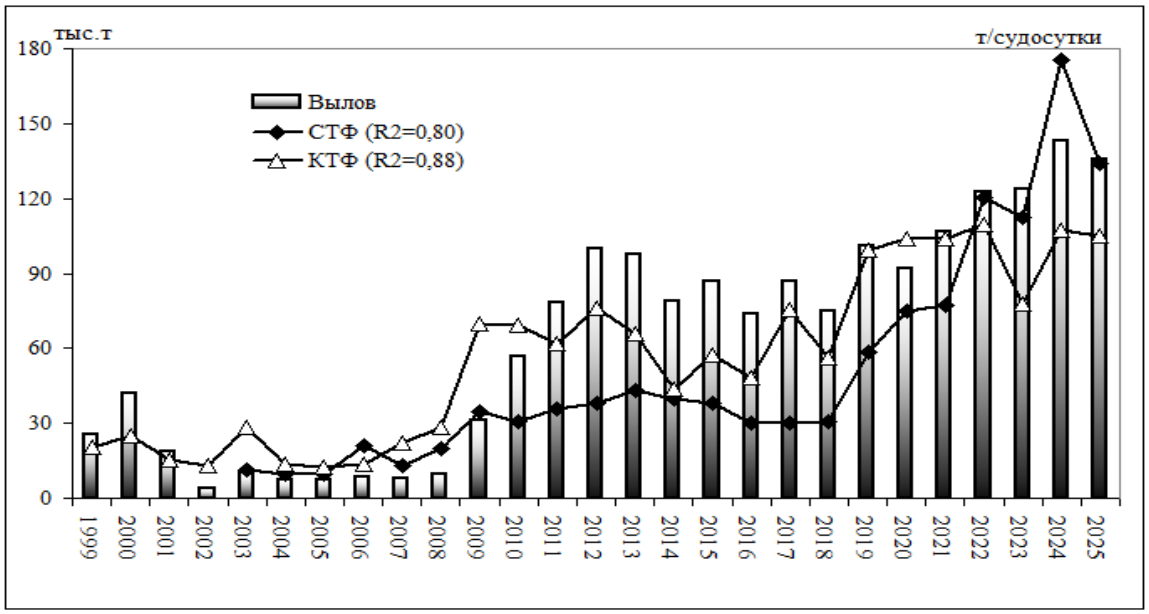


Рис. 84. Вылов и суточные уловы минтая по группам флота в Южно-Курильской зоне в 1999–2025 гг.

В соответствии с состоянием промыслового запаса, минимальные величины суточного вылова как у крупнотоннажного (КТФ), так и у среднетоннажного (СТФ) флота наблюдались до 2009 г. Затем в 2009-2013 гг. у КТФ отмечалось резкое увеличение вылова до 62–76 т/судосутки, а у СТФ уловы постепенно выросли до 31–43 т/судосутки. В 2014–2018 гг. было небольшое снижение, а с 2019 г. промысловые показатели резко пошли вверх, достигнув максимума в 2022 г.: у КТФ - 109,3 у СТФ - 120,4 т/судосутки. Конечно, динамика промысловых показателей, в первую очередь обусловлена состоянием запасов минтая. Однако, помимо этого, на результативность промысла заметное влияние оказывает и его организация. Что касается увеличения суточного вылова у СТФ, это связано с тем, что в 2022 г., как и несколько прошлых лет, в районе работали современные СТФ, способные за сутки добывать до 400−450 т минтая. Также в последние годы среднетоннажные суда переоснастили тралами типа «Атлантика» и другими, уловистость которых намного выше ранее использовавшихся. За счет этого производительность промысла минтая в Южно-Курильской зоне заметно выросла. В немалой степени рост уловов на судосутки в последние годы был связан со сдачей уловов на береговые предприятия в живом, свежем и охлаждённом виде. Это позволяет учитывать весь улов, в том числе и молодь, которая в дальнейшем также идет в переработку [Овсянникова, Овсянников, 2022]. В 2023 г. промысловые показатели у всех групп флота снизились, особенно у КТФ, составив в среднем за год 77,7 т/судосутки, а у СТФ - 112,2 т/судосутки лова. Наиболее вероятной причиной является естественная и промысловая убыли урожайных поколений 2016-2017 гг. рождения. В 2024 г. промысловые показатели у всех групп флота вновь значительно возросли, что несомненно связанно с увеличением численности молоди, которая образует плотные скопления у тихоокеанского побережья о-ва Итуруп. У СТФ среднесуточные показатели вылова достигли рекордного за весь период промысла с 1999 г. уровня и составили 175,5 т/судосутки лова, а у КТФ восстановились до уровня 2022 г. В 2025 г. у КТФ вылов на судосутки лова остался примерно на уровне прошлого года и составил 104,8 т, а у среднетоннажного снизился до 133,8 т в сутки. В последние годы за счет среднетоннажных судов наливными охлаждаемыми танками эта группа флота по показателям опережает крупнотоннажный флот, а снижение суточного вылова в 2025 г. не помешало освоению ОДУ на высоком уровне и вероятно связанно как с тем, что 4-5-годовики, составляющие заметную долю промысловых уловов, держатся более разреженно, чем молодь.

В итоге в 2025 г. в Южно-Курильской зоне добыто 135,9 тыс. т минтая или 96,4% ОДУ, равного 141,0 тыс. т. Нужно отметить, что с 2019 г. уровень освоения ОДУ в Южно-Курильской зоне составляет более 90% (рис. 80).

Текущее состояние запасов. Оценка состояния запасов минтая в южно-курильском районе ведется по результатам тралово-акустических съемок, которые проводятся ежегодно с 1999 г. в весенний период. Стремительный рост численности минтая в ЮКР был зафиксирован в 2006-2009 гг. и был обусловлен появлением высокоурожайных поколений в 2005 и 2007 гг.,

урожайных в 2008-2009 гг. и среднеурожайного в 2006 г. Учтенная численность годовиков высокоурожайных генераций составляла 12,1-15,3 млрд экз. Помимо этих поколений, численность среднеурожайного поколения 2006 г. рождения в возрасте года была оценена в 1,2 млрд экз., а годовики урожайных 2008–2009 гг. рождения составляли 5,8 и 3,1 млрд экз., соответственно [Овсянникова, 2012].

В 2011-2015 гг. урожайные поколения появлялись не так часто, как в предыдущий период, а их численность была ниже. В 2011-2012 гг. в возрастной структуре доминировал минтай 2007-2009 гг. рождения (рис. 85). В 2013-2015 гг. по численности выделялись рыбы 2012-2014 гг. рождения, численность годовиков которых составляла 6,3, 1,3 и 8,4 млрд экз., соответственно. Поколения 2012 и 2014 гг. рождения оценены как урожайные, а 2013 г. рождения – как среднеурожайное. Во второй половине 2010-х появилось 2 урожайных поколения. В 2017 г. численность годовиков составляла 2,8 млрд экз., а в 2018 г. проведение съемки за границами 12-мильной зоны помешало оценить в полном объеме численность поколения 2017 г. рождения, которое в последующие годы прослеживалось в размерно-возрастной структуре как урожайное. Эти поколения доминировали в структуре запасов все последующие годы до 2022 г. включительно. В 2023 г. их численность заметно сократилась, а в возрастной структуре доминировали 1-2-годовики 2021-2022 гг. рождения, составляя примерно равные доли 36,7 и 37,5%, соответственно. Численность поколений 2021-2022 гг. рождения была оценена в 897,8 и 878,8 млн экз., что с трудом позволяло отнести их к среднеурожайным классам. В 2024 г. в структуре скоплений доминировали те же поколения в возрасте 2 и 3 года, на которых приходилось 24,2 и 48,2% от общей учтенной численности минтая.

В 2025 г. эти поколения в возрасте 3-4 года в сумме приходилось 37,0%, а более половины (51,6%) численности минтая у южных Курил составляли годовики 2024 г. рождения. Численность этого поколения по съемке была оценена в 3,3 млрд экз., что позволяет отнести его к урожайным.

Оценка запаса. Численность и биомасса минтая рассчитывались методом площадей [Аксютина, 1968]. Для годовиков применялся коэффициент уловистости 0,1, для рыб старше года – 0,4.

Динамика запасов минтая в водах южных Курильских островов подвержена значительным колебаниям. По ретроспективным данным, биомасса минтая в этом районе изменялась от 1,2 млн т в конце 1980-х гг. до 80 тыс. т в середине 2000-х, т.е. в 15,6 раза. В 2011-2012 гг. биомасса минтая оценивалась в 767 и 875 тыс. т, соответственно. С учетом того, что снижение запасов началось в начале 1990-х гг., в 2011-2012 гг. в этом районе наблюдался максимум биомассы минтая за более чем 20-летний период. В эти годы и еще в 2015 г. съемки были выполнены с охватом всей акватории района, и получены самые высокие оценки запасов в прошлом десятилетии. Даже с учетом недооценки в 2013-2014 гг. в среднем в 2011-2015 гг. биомасса минтая была на высоком уровне и составляла 717 тыс. т. Во второй половине 2010-х гг. и начале текущего десятилетия, как указывалось выше,

ни разу не удалось провести съемку на всей акватории ЮКР, поэтому сравнение с предыдущими периодами возможно только по оценкам с тихоокеанской стороны.

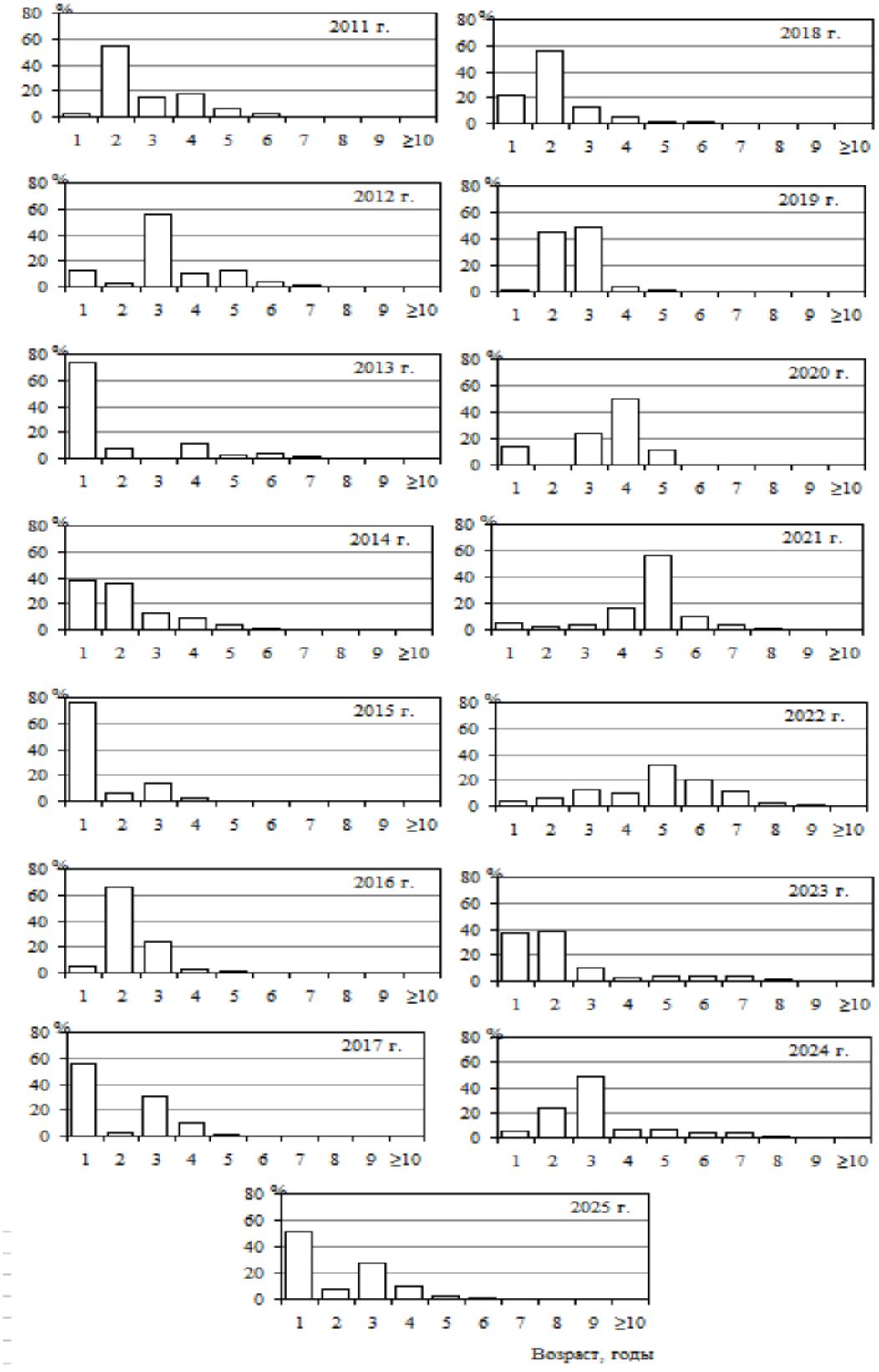


Рис. 85. Возрастной состав минтая в южнокурильском районе в 2011-2025 гг.

Наиболее высокий уровень в этом районе был зафиксирован раньше, чем пик общего запаса в ЮКР – с 2006 по 2010 гг. с максимумом в 2008 г. (678 тыс. т) (рис. 86). В 2011-2015 гг. биомасса варьировала от 356 до 552 тыс. т (в среднем 442 тыс. т), а после 2015 г. снижалась и в среднем во второй половине 2010-х гг. составляла 357 тыс. т. По многолетним данным средний уровень биомассы минтая с тихоокеанской стороны ЮКР составляет 300 тыс. т.



Рис. 86. Динамика биомассы минтая в тихоокеанских водах Южно-Курильской зоны в 1999–2025 гг. по данным научных траловых съемок «ТИНРО»

В 2021-2022 гг. она оценивалась в 208,7 и 251,5 тыс. т, соответственно. Динамика биомассы минтая в тихоокеанских водах ЮКР всегда связана с численностью минтая до 3-4 лет, так как здесь находится район роста и нагула молоди. С началом созревания с возраста 3 года минтай перемещается на нерестилища. В 2021 г. урожайные поколения 2016-2017 гг. рождения вступили в нерестовый запас и по большей части находились в охотоморских водах, за счет чего биомасса минтая в тихоокеанских снизилась. По данным съемок, проведенных на всей акватории района, биомасса минтая с охотоморской стороны варьировала в пределах 28–50% от общего учтенного в ЮКР запаса, и в начале 2020-х гг. за счет низкой численности молоди вероятнее всего находилась на верхнем пределе. Т.е. если в 2022 г. с тихоокеанской стороны было учтено 251,5 тыс. т минтая, то суммарно в ЮКР биомасса минтая составляла не менее 500 тыс. т, т.е. не ниже среднего уровня [Овсянникова, Овсянников, 2022]. В 2023 г. акустическая съемка была проведена на всей акватории Южно-Курильской зоны, а учтенная биомасса и численность составила 2643,7 млн экз. и 421,6 тыс. т, соответственно. Из них с тихоокеанской стороны района была учтена наибольшая часть запаса – 2394,9 млн экз. или 281,4 тыс. т. В сравнении с 2022 г. общая численность увеличилась почти на 2 млрд экз., а биомасса на 170 тыс. т. В 2024 г. запасы минтая были оценены в 455,2 тыс. т или 2089,1 млн экз. По сравнению с 2023 г. биомасса выросла на 33,6 тыс. т за счет индивидуальных приростов массы тела доминирующих поколений, а численность логично снизилась за счет естественной смертности, в том числе

минтая 2016-2017 гг. рождения, который составлял основу запасов в конце 2010 – начале 2020-х гг.

В 2025 г. оценка биомассы минтая у южных Курил составила 438,1 тыс. т, что на 17,1 тыс. т меньше, чем в прошлом году, но была недоучтена в Кунаширском проливе из-за сложной ледовой обстановки, поэтому как минимум осталась на том же уровне. Численность же возросла в 1,9 раза и составила 3936,5 млн экз. за счет появления в 2024 г. урожайного поколения.

Межгодовую динамику запасов можно проследить по их состоянию в тихоокеанских водах, где съемки проводятся ежегодно. В 2025 г. биомасса минтая в этом районе была ниже среднемноголетней (300 тыс. т) и оценивалась в 271,4 тыс. т (рис. 86). Общая биомасса для Южно-Курильской зоны также находится несколько ниже среднего уровня, который для всего района оценивается в 500 тыс. т, в том числе за счет недооцеки биомассы с охотоморской стороны ЮКР.

Анализ данных съемок и промысла в 2025 г. указывает на то, что в структуре запаса наблюдается пополнение 2021-2022 гг. рождения, которые прослеживались в размерно-возрастной структуре и в прошлые годы. Численность этих поколений нельзя оценить как высокую, однако они поддерживают общий запас на уровне среднемноголетнего. Также по промысловым данным и съемке в ЮКР зафиксировано урожайное поколение 2024 г. рождения, что дает перспективы роста биомассы в ближайшие годы.

Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров и формирования правила регулирования промысла использованы исторические ряды уловов и промысловых усилий на специализированном промысле минтая в Южно-Курильской зоне с 2003 г. В основу определения ориентиров управления положена концепция MSY и принципы предосторожного подхода [Бабаян, 2000]. По результатам настройки выбранной модели, зависимость прибавочной продукции от биомассы запаса представлены на рисунке 87.



Рис. 87. Кривая устойчивого улова для минтая Южно-Курильской зоны по промысловым данным с 2003 г.

Согласно кривой устойчивого улова для минтая Южно-Курильской зоны определены следующие ориентиры управления:

— максимальный уравновешенный улов MSY = E_{MSY} = 148,2 тыс. т;

— целевой ориентир по биомассе – B_{tr} = B_{MSY} = 739,4 тыс. т;

— граничный ориентир по биомассе – B_{lim} = 0,1 B_{MSY} = 73,9 тыс. т;

— граничный ориентир по интенсивности промысла – F_{lim} = F_{max} = 0,2.

Целевой ориентир по интенсивности промысла – F_{tr} = 0.3.

Обоснование правила регулирования промысла

При подготовке прогноза ОДУ на 2027 г. использовано правило регулирования промысла (ПРП), подготовленное в версии программы «COMBI 4», где доступно несколько вариантов линейно-кусочных ПРП, предназначенных для выбора и «настройки», используемого в дальнейшем для прогнозирования состояния запаса и величины ОДУ. Это дает возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности исходя из состояния прогнозируемого запаса (табл. 21).

Таблица 21

Эффективность правила регулирования промысла для минтая Южно-Курильской зоны

Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность B прогнозная < Blim	Вероятность C прогнозный < C min
Пелла-Томлинсона Медианная	FMSY Линейно-Кусочное 0	0	1145933.2	229601.9	1.3	2.5	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Линейно-Кусочное 0.08	0	1181626.4	214241.7	1.3	2.3	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq Линейно-Кусочное 0.24	0	1346695.8	132303.4	1.5	1.4	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Линейно-Кусочное 0.8	0	1182552.7	214404.5	1.3	2.3	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq75 Линейно-Кусочное 0.8	0	1403007.2	103376.7	1.6	1.1	0.95	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq125 Линейно-Кусочное 0	0	1293320.6	158824.5	1.4	1.7	0	0

Согласно выбранного Fsg125 линейно-кусочного ПРП, уровень изъятия определен 0,123 так как запас ниже целевого уровня и находится в зоне восстановления (рис. 88).

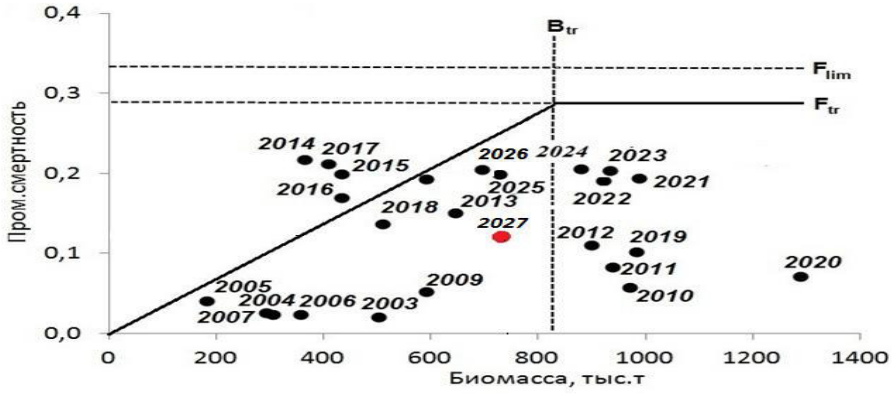


Рис. 88. Правило регулирования промысла минтая Южно-Курильской зоны

При этом, нет риска получить в перспективе улов и общую биомассу меньше наблюдённого.

Прогнозирование состояния запаса

Расчеты когортной моделью «Синтез». Для расчета промыслового запаса на два ближайших года в качестве настроечных индексов в модели использованы данные тралово-акустических съемок «ТИНРО» с 1999 г., которые были стандартизированы по площади, так как не всегда в ЮКР их удается проводить с охватом всей акватории. Динамика общей биомассы по съемкам не всегда совпадала с расчетной (рис. 89).

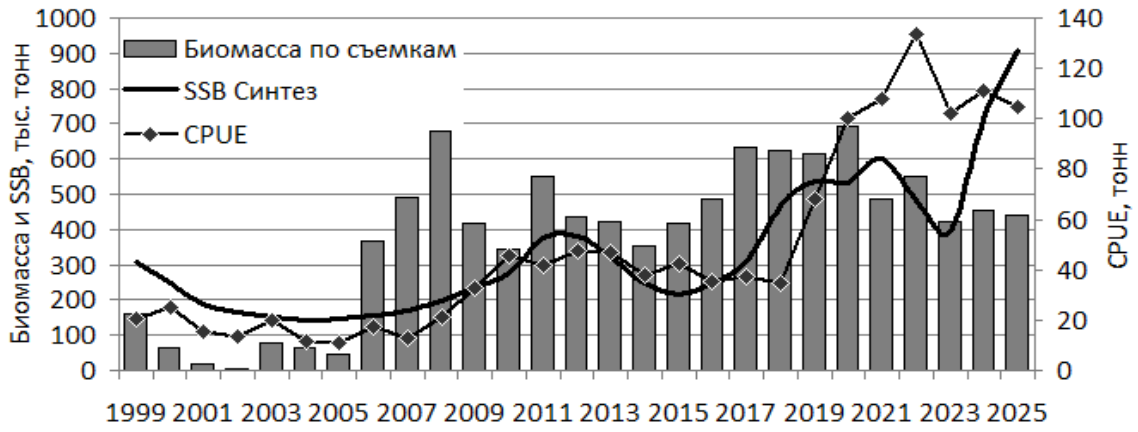


Рис. 89. Динамика запасов минтая в Южно-Курильской зоне в 1999-2025 гг.

Так, в 2006-2009 гг. высокая общая биомасса наблюдалась за счет появления серии урожайных поколений во второй половине 2000 гг. Промысловый запас вырос в начале 2010-х гг., когда эти поколения достигли промысловой длины. Следующий подъем промысловой биомассы наблюдался после 2015 г., когда в промысел сначала вступили поколения 2012-2014 гг. рождения, а затем появились урожайные поколения 2016-2017 гг. рождения. В последующие годы расчетный промысловый запас и общий по съемкам были близки из-за отсутствия урожайных поколений после 2017 г. В 2023 г. в связи с сокращением численности этих поколений запасы минтая и промысловые показатели начали снижаться, а в 2024 г. за счет появления поколений 2021-2022 гг. рождения, общая биомасса и промысловые показатели выросли. В 2025 г. биомасса минтая по съемкам осталась на том же уровне, промысловая биомасса растет с 2023 г. в основном за счет этих поколений, а улов на промысловое усилие в последние 3 года практически остается на одном уровне.

Также использованы среднемноголетние данные по темпу полового созревания и рассчитаны среднемноголетние мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) и коэффициенты селективности по возрастным группам (рис. 90).

Возрастные коэффициенты селективности оценивали для трех периодов: до 2007 г. включительно, для 2008-2018 гг. и с 2019 г. по 2025 г.

Первые 2 периода связаны с отсутствием в трале селективной вставки и ее введением (в соответствии с п. 17.3 «Правил рыболовства…» введен запрет на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи между мотенной частью трала и траловым мешком (кутком)). Третий период характеризует особенности промысла минтая Южно-Курильской зоны в последние годы. С 2019 г. наряду с введением возможности сдачи уловов на береговые предприятия в живом, свежем и охлажденном виде, на специализированном промысле появились современные СТФ с выловом до 400–450 т минтая, а часть судов переоснастили тралами типа «Атлантика».

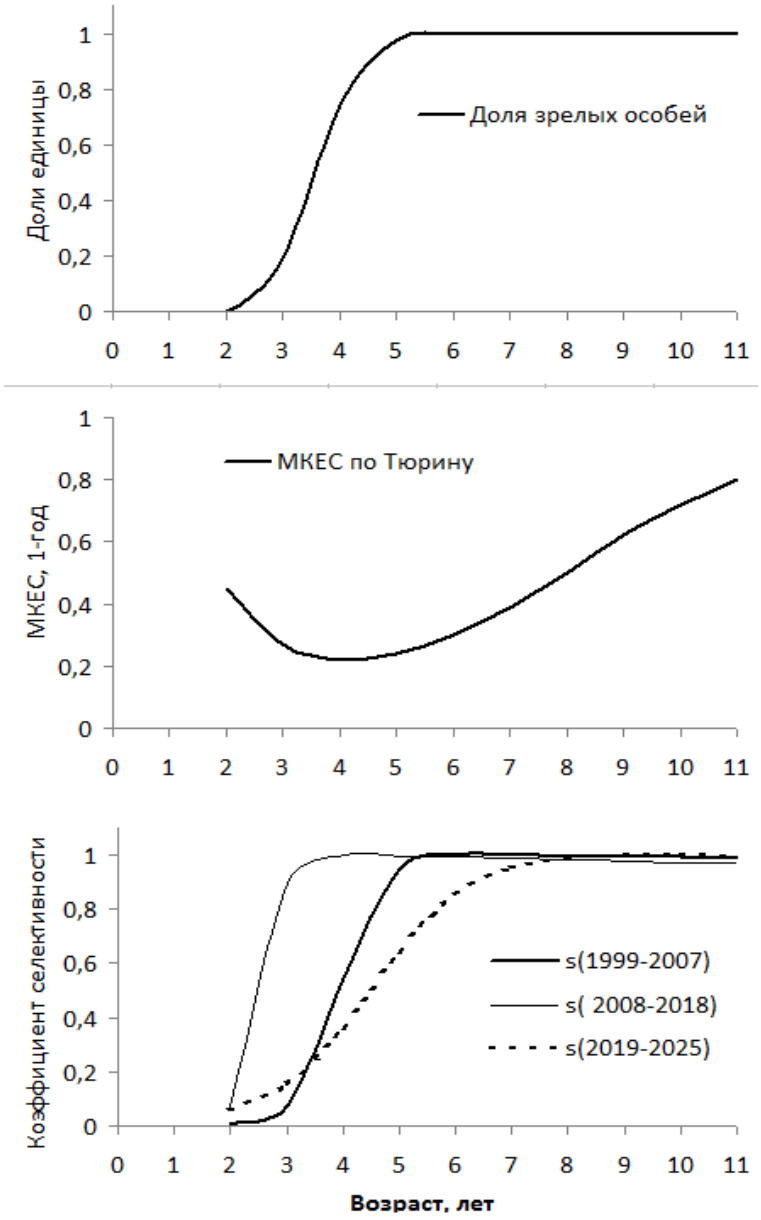


Рис. 90. Исходные данные для модели Синтез по возрастным группам

Запас на два ближайших года рассчитывается с помощью обращенной когортной процедуры с учётом селективности облавливаемых возрастных

групп в программе «TAC». Расчётная величина SSB в 2025 г. оценена в 379,2 тыс. т, прогностические цифры SSB на 2026 и 2027 гг. – 453,0 и 711,1 тыс. т, соответственно (табл. 22).

Таблица 22

Состояние запасов минтая в Южно-Курильской зоне в 2025 г., прогностические данные её численности и ОДУ на 2026–2027 гг.

Возраст рыб (j)	Абсолютная численность на начало			Селектив-ность (S_j)	Доля зрелых особей	Сред-ний вес особи	МКЕС (M_j)	ОДУ	
Год	2025 г. млн экз.	2026 г. млн экз.	2027 г. млн экз.	в долях единицы	в долях единицы	кг	1/год	2026 г. тыс. тонн	2027 г. тыс. тонн
2	2 908,6	1 627,5	551,2	0,058	0	0,091	0,45	1,792	0,682
3	1 988,6	1 954,5	351,4	0,157	0,19	0,188	0,27	19,693	2,623
4	775,8	1 349,8	185,9	0,365	0,75	0,320	0,22	72,012	5,46
5	79,4	420,5	1021,3	0,643	0,97	0,485	0,24	47,349	76,25
6	35,2	35,2	443,7	0,855	1,00	0,678	0,30	3,617	58,147
7	31,6	17,9	49,4	0,955	1,00	0,893	0,39	1,215	9,034
8	45,6	17,4	16,3	0,991	1,00	1,126	0,50	0,687	3,684
9	24,0	23,9	6,6	1,000	1,00	1,370	0,62	0,505	1,745
10	7,9	12,7	2,8	0,999	1,00	1,622	0,72	0,132	0,836
>10	5,5	4,2	0,4	0,996	1,00	1,877	0,80	0,019	0,134
Итоговые значения в тоннах									
Абс. БМ	**1 084,7**	**1 271,8**	**1 048,7**					**147,0**	**158,6**
SSB								**711,1**	**916,0**

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

К 2027 г. ожидаем, что поколения 2021-2022 гг. рождения достигнут 5-6-годовалого возраста и вступят в промысловый запас, а также минтай урожайного поколения 2024 г. рождения частично вступит в промыслолвый запас. В связи с этим ожидается рост промыслового запаса, который по данным модели составит 916,0 тыс. т, уровень изъятия – 0,173 и находится ниже целевого ориентира по промысловой смертности. Таким образом, **ОДУ минтая в Южно-Курильской зоне в 2027 г.** составит **158,600 тыс. т**, что на 11,6 тыс. т больше относительно ОДУ в 2026 г.

Исходя из результатов съемок, подтвержденных промысловой статистикой, предполагаем, что рыбы 2021-2022 гг. рождения, подавляющая часть которых будет половозрелыми к 2027 г., составят основу промыслового запаса, а минтай 2024 г. рождения только вступит в промысел. В связи с этим ожидается превышение доли рыб непромысловой длины в уловах.

Анализ и диагностика полученных результатов

Запасы минтая в Южно-Курильской зоне очень динамичны, численность урожайных поколений здесь сопоставима с таковой в северной части Охотского моря, скорость роста высокая относительно северных

популяций, поэтому запас может изменяться в несколько раз и даже на порядок за короткий срок, а именно за 3−5 лет.

В модели «Синтез» была проведена диагностики избранной стратегии промысла на более длительный период времени (10 лет) при рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. На рисунке 91 видно, что при соблюдении ПРП запас будет постепенно расти и с вероятностью 90% не выйдет за биологически безопасные границы. Установлено, что при эксплуатации на целевом уровне биомасса запаса в ближайшие годы также будет выше целевого уровня.

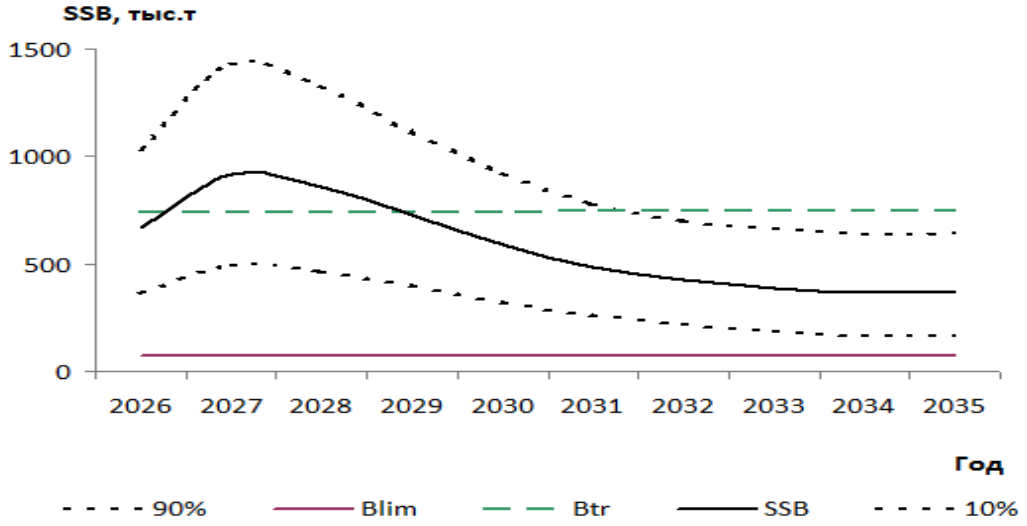


Рис. 91. Модельная динамика биомассы запаса минтая в Южно-Курильской зоне при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

61.05 - Зона Охотское море

61.05.1. - Северо-Охотоморская подзона

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: Е.Е. Овсянников, В.В. Кулик, А.В. Смирнов («ТИНРО»); А.И. Варкентин, О.И. Ильин («КамчатНИРО»); С.Ю. Шершенков («МагаданНИРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов, определения ОДУ минтая в северо-восточной части Охотского моря на 2027 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки общего и нерестового запасов по результатам комплексных учетных съемок «ТИНРО» (ихтиопланктонная, траловая и акустическая) в северо-восточной части Охотского моря в 1998–2002, 2004–2025 гг.

Во все годы съемки проводили по единой методике, на однотипных судах — НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский», примерно в одни те же сроки — апреле–июне, и примерно по одной и той же сетке станций. Исследования традиционно выполняются в 4 этапа: у Западной Камчатки, в зал. Шелихова, в североохотоморском районе, у восточного Сахалина, и охватывают все районы обитания минтая в северной части Охотского моря, включая нерестилища, места концентрации молоди и нагула половозрелых особей. Численность и биомасса минтая оцениваются траловым, ихтиопланктонно-траловым [Fadeev, 1989; Фадеев, 1999] и акустическим методами. В ходе этих работ собираются наиболее полные и надежные данные о величине нерестового и общего запасов, успешности воспроизводства, численности пополнения, оценивается урожайность отдельных поколений и динамика численности североохотоморского минтая. Также в ходе работ собирается информация об его экологическом окружении, состоянии и тенденциях развития пелагических сообществ, оцениваются условия обитания минтая и состояние его кормовой базы.

В 2025 г. комплексная научно-исследовательская экспедиция для оценки современного состояния запасов минтая в Охотском море была проведена на НИС «Профессор Кагановский» с 03 апреля по 16 мая, выполнено 294 ихтиопланктонных и 221 траловых станций (рис. 92).

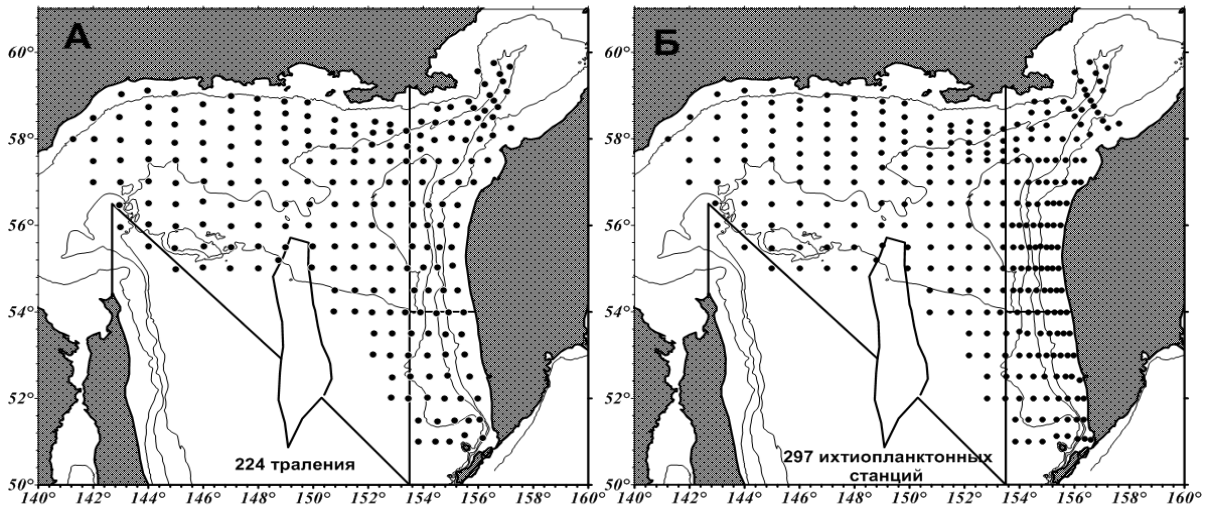


Рис. 92. Схема траловых (А) и ихтиопланктонных (Б) станций в Охотском море весной 2025 г.

Количество станций и их распределение на исследованной акватории позволяют получить достоверные оценки структуры и величины запаса минтая.

2. Данные траловых съемок «ТИНРО» о возрастной структуре общего запаса североохотоморского минтая в 1998–2002, 2004–2025 гг. Это один из важнейших индексов, позволяющий в модельных расчетах учитывать

урожайность поколений. Размерный состав рыб, определенный по результатам массовых промеров (52966 экз.), пересчитан на возрастной по многолетнему размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста (около 40 тыс. экз.). Считаем, что объем собранной биологической информации позволяет получить достоверные сведения о размерно-возрастном составе рыб в научных тралениях.

3. С 1995 г. периодически «ТИНРО» в северной части Охотского моря выполнялись осенние пелагические траловые съемки, во время которых также оценивались и запасы минтая. После 2008 г. съемки в некоторые годы также проводились, но выполнялись не на всей акватории, поэтому, получить сопоставимые данные не удавалось. Тем не менее, в обосновании, в качестве дополнительного индекса состояния запаса, использованы результаты оценок общей биомассы минтая, полученные в 1995, 1997–2003, 2006–2008 гг.

4. Сведения о размерно-возрастном составе минтая в промысловых уловах в 1963–2025 гг., собранных на основных видах промысла (траловом и снюрреводном) и в разные месяцы года.

В январе - первой декаде апреля 2025 г. силами 25 специалистов из дальневосточных филиалов «ВНИРО» в северо-восточной части Охотского моря проведены исследования на специализированном траловом промысле минтая. Проанализировано 2217 промысловых операций, выполнено 227628 массовых промеров (МП) и 7351 полных биологических анализов (ПБА) минтая. В ноябре 2025 г. - в так называемый, сезон «Б» специализированного промысла минтая - проанализирован один траловый улов (несколько промысловых операций), сданный на рыбоперерабатывающий завод в г. Петропавловск-Камчатский. Выполнено 496 МП.

В январе–феврале и мае 2025 г. на 1 судне и 2 береговых рыбоперерабатывающих заводах проведены исследования на снюрреводном промысле минтая. Проанализировано 37 промысловых операций на судне и 8 сдач уловов на заводах, выполнено 2041 МП.

Таким образом, в 2025 г. наблюдениями охвачены все основные районы и сезоны промысла минтая в северо-восточной части Охотского моря (рис. 93). Вместе с внушительным объемом собранной информации, это с полной уверенностью позволяет утверждать, что полученные сведения об основных биологических показателях минтая в промысловых уловах являются адекватными.

5. Сведения о некоторых наиболее значимых факторах окружающей среды (температура поверхности моря, концентрация льда, штормовые условия) в северной части Охотского моря в январе – первой декаде апреля 2003–2025 гг., как наиболее значимые для формирования промысловой обстановки. Эти данные использованы для получения с помощью обобщенной линейной модели (GLM) индекса улова на судосутки, который, как один из независимых индексов, с 2016 г. используется для настройки модели [Кулик и др., 2020; Kulik et al., 2025].

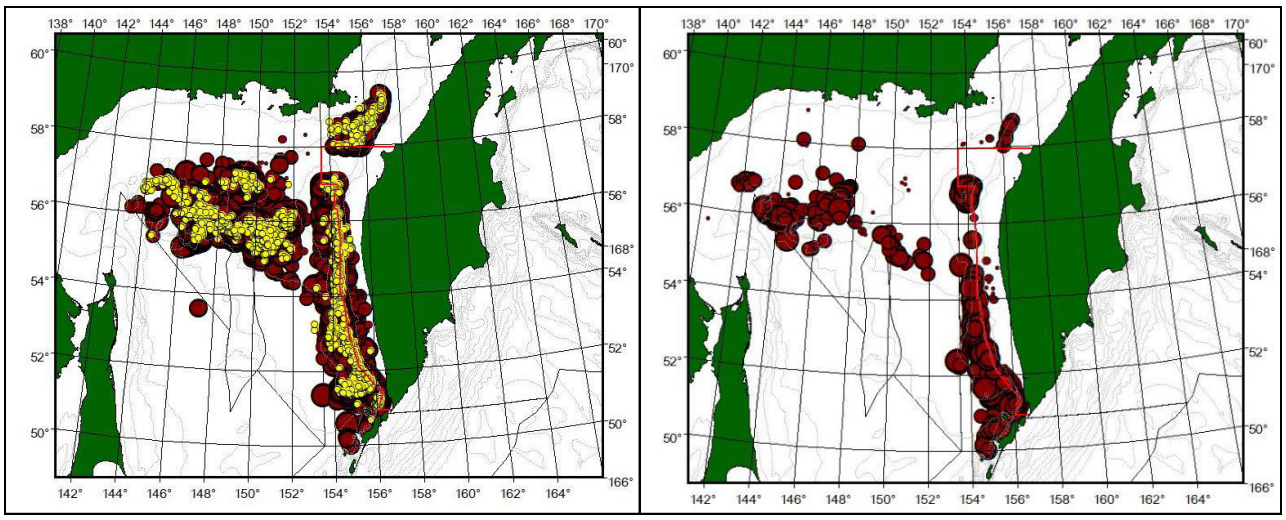


Рис. 93. Схема работы наблюдателей на траловом промысле (желтые круги) и распределение уловов (бордовые круги) на специализированном траловом лове минтая в январе – первой декаде апреля (слева) и во второй половине октября – декабре (справа) 2025 г. в северо-восточной части Охотского моря

6. Сведения о вылове по данным судовых суточных донесений (ССД) и оперативной отчетности предприятий (ООП) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) за 2025 г. Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что часть годового вылова минтая у Западной Камчатки не отражается в данных ССД в ОСМ, т.к. изымается маломерными судами типа МРС. В соответствии с п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза России от 06.05.2022 г. № 285 (Правила рыболовства), ССД ежедневно подаются только судами с главным двигателем мощностью более 55 кВт и валовой вместимостью более 80 т, оборудованных ТСК. Указанный выше тип судна в эту категорию по мощности главного двигателя попадает, а по валовой вместимости нет, т.к. она не превышает 60 т.

Согласно п. 13.5 Правил рыболовства, пользователи, которые не подают ССД, представляют в территориальные органы Росрыболовства, так называемую, оперативную отчетность предприятия, на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом структура ООП не подразумевает предоставление информации о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова.

Промысел такими судами ведётся, в основном, в режиме прибрежного рыболовства с доставкой и выгрузкой уловов в живом, свежем или охлажденном виде в береговые места доставки (на рыбообрабатывающие заводы). Только после этого имеется возможность определить объёмы вылова гидробионтов, которые отражаются в ОСМ в виде ООП.

Учитывая вышеизложенное, в 2025 г. общий вылов минтая в Северо-Охотоморской подзоне определяли по данным ССД, а у Западной Камчатки –

ООП, при этом всю разницу в вылове по ССД и ООП относили к вылову снюрреводами.

Информацию об общем вылове минтая в 2012–2024 гг., полученную ранее из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте ФАР [https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika].

В качестве дополнительной информации в обосновании приведены стандартизированные по полигону результаты донных траловых съемок, выполненных в 2014–2022, 2024 гг. на западнокамчатском шельфе специалистами «ТИНРО», «КамчатНИРО» и ФГБНУ «ВНИРО» (рис. 94). В 2025 г. подобные исследования не проводились.

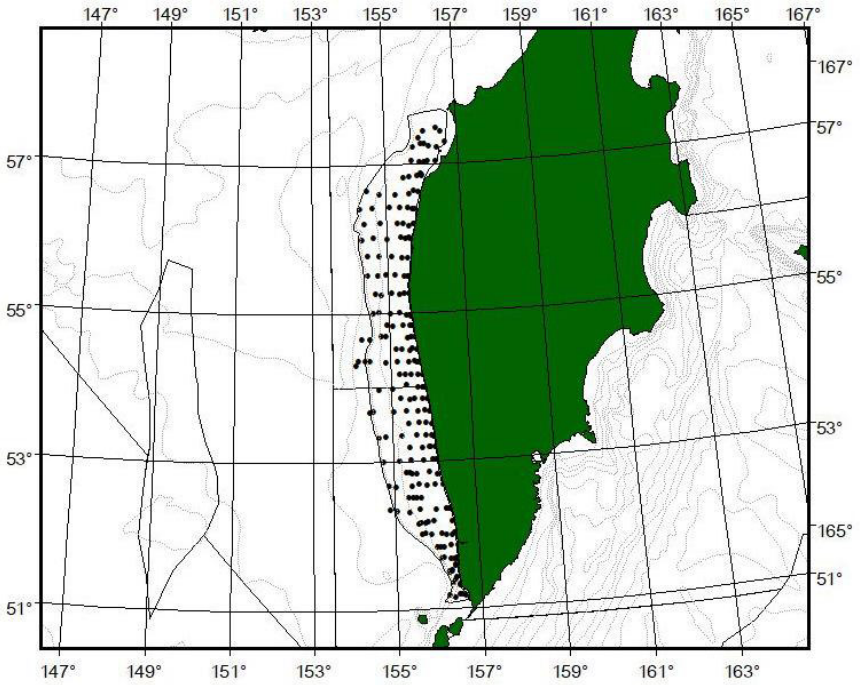


Рис. 94. Схема станций донной траловой съемки у Западной Камчатки (линией обозначен стандартный полигон)

По литературным данным [Шунтов и др., 1993], в пелагиали, как правило, обитает молодь этого вида, а средне- и крупноразмерные особи больше тяготеют к придонным слоям воды, поэтому оценки, полученные только по донным съемкам, характеризуют лишь часть запаса этого вида, в связи с чем в качестве индекса состояния запаса они не используются. Больший интерес представляют сведения о размерно-возрастном составе рыб в уловах, поскольку по ним можно судить об урожайности поколений.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об

уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для североохотоморского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1963 г., сведения о массе, доле половозрелых особей по возрастам и годам, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, стандартизированные уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты ихтиопланктонных, траловых и акустических съемок с 1984 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза по североохотоморскому минтаю в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

С 2023 г. для оценки запасов североохотоморского минтая применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит использовавшуюся ранее (с 2007 г.) когортную модель «Синтез» [Ильин и др., 2014] в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Исходные данные для нее следующие:

— вылов (млн экз.) минтая по возрастам 2–13+ лет, где 13+ — так называемая, «плюс-группа», которую составляют уловы рыб в возрасте старше 13 лет, и годам (1963–2025 гг.) промысла в северо-восточной части Охотского моря; возрастной состав рассчитан по многолетнему (1998–2025 гг.) размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста [Chilton, Bemish, 1982]; для составления ключа использовали результаты биологических анализов, выполненных в январе–апреле; с 1995 г. в модель закладывали данные о фактическом вылове минтая с учетом выбросов молоди [Буслов, Варкентин, 2000; Варкентин и др., 2000; Варкентин, 2004].

— средняя масса рыб по возрастам и годам промысла в январе–апреле; вместо отсутствующих данных использовали среднемноголетние значения;

— средняя доля половозрелых рыб по возрастным группам и годам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе–апреле; фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972]; вместо отсутствующих данных использовали среднемноголетние значения.

В модели использовали следующую дополнительную информацию о состоянии запаса:

— данные ихтиопланктонных съемок «ТИНРО» о биомассе нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 1984–1992, 1995–2002, 2004–2025 гг.;

— данные траловых съемок «ТИНРО» о биомассе общего запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 1998–2002, 2004–2025 гг.;

— данные акустических съемок «ТИНРО» с базовой технологией (БЭТ) о биомассе общего запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 2001–2002, 2004–2025 гг.;

— стандартизированный с помощью GAM индекс улова на судосутки в северной части Охотского моря в январе – первой декаде апреля 2003–2025 гг., с учетом значений температуры поверхности моря, штормовых условий и модернизации траловых орудий по опубликованным методикам выбора оптимальных моделей [Кулик и др., 2020; Kulik et al., 2025];

— из данных траловых съемок «ТИНРО» о возрастной структуре общего запаса североохотоморского минтая в 1998–2002, 2004–2025 гг. была использована численность 2- и 3-годовиков в качестве индексов численности соответствующих возрастных классов.

О каждом из индексов подробно будет рассказано в следующей главе.

В когортной модели в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана используется экспоненциально-логистический тип моделируемой функции селективности:

$$s_{t,a} = \frac{\exp\left(r_{1t} r_{2t} (r_{3t} - a)\right)}{1 - r_{2t}\left[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))\right]},$$

где: $r_{1t} r_{2t}, r_{3t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,13}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}\right]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,13}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3 \ln I_t^4, \ln I_t^{R2}, \ln I_t^{R3}\right]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса, I_t^2 — индекс нерестового запаса, I_t^3, I_t^4 — индексы общего запаса, I_t^{R2}, I_t^{R3} — индексы численности 2-х и 3-х годовиков.

При моделировании запаса североохотоморского минтая предполагается, что:

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2), \quad \varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой и общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$, $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ и $\varepsilon_t^{I4} \sim N(0, \sigma_{I4}^2)$ по ихтиопланктонным, траловым и акустическим съемкам, соответственно;

— шумы наблюдений для индексов численности $\varepsilon_t^{IR2} \sim N(0, \sigma_{R2}^2)$, $\varepsilon_t^{R3} \sim N(0, \sigma_{R3}^2)$ по траловым съемкам;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^{N} \sim N(0, \sum_C)$. Диагональные элементы ковариационной матрицы $\sum_C$ зависят от возраста кусочно-квадратично, корреляционная структура типа авторегрессии второго порядка AR(2);

— параметры распределений и коэффициенты улавливаемости для индексов запаса и пополнения оцениваются в модели;

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$.

Для коэффициента естественной смертности выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.25, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров считались неинформативными.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

По современным представлениям, в северо-восточной части Охотского моря в границах Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Камчатско-Курильской подзон, а также в центральной части Охотского моря обитает единая группировка минтая, обладающая сложной внутрипопуляционной структурой [Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003]. Полученные недавно результаты популяционных исследований с использованием новых, более точных генетических методов на основе молекулярных маркеров свидетельствуют, что популяционной неоднородности минтая в северо-восточной части Охотского моря нет [Полиморфизм популяционно–генетических маркеров минтая, 2012, Дифференциация минтая Охотского моря, 2018].

Репродуктивная часть североохотоморской популяции минтая состоит из нескольких центров воспроизводства, расположенных на западнокамчатском шельфе, мелководье северо-центрального района (Притауйский район) и в зал. Шелихова (в кутовой части Шелиховской ложбины, в 30–40 милях от Ямских о-вов) [Фадеев, 1981, 1987; Фадеев, Смирнов, 1994; Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003; Овсянников, 2011]. Значительно меньшие объемы нереста наблюдаются на периферии популяции — акватории к северо-западу и юго-западу от о-ва Ионы и у Восточного Сахалина. Для североохотоморского минтая свойственно перераспределение молоди рыб на первых годах жизни [Темных, 1989; Шунтов и др., 1993; Авдеев, Овсянников, 2001; Фадеев, 2001; Авдеев и др., 2005; Авдеев, Овсянников, 2006; Авдеев и др., 2008; Овсянников, 2011]. До 2 лет включительно, минтай распределяется в районах основных нерестилищ на шельфе, за исключением зал. Шелихова, где годовики распространены в южной части глубоководного желоба. От одного года к двум годам минтай смещается из районов нерестилищ в сторону материкового склона. В

дальнейшем миграции в мористые районы продолжаются, и в возрасте 4 лет молодь вида распределяется над большими глубинами. В весенний период более 80% 2–4-годовиков минтая обитает в районе впадины ТИНРО, более мелкие скопления располагаются в районах впадины Дерюгина, юго-западной Камчатки и восточного Сахалина. Направление и протяженность миграций молоди из районов воспроизводства в выростную зону обусловлены расположением нерестилищ относительно впадины ТИНРО. По мере созревания минтай из единого скопления молоди совершает нерестовые миграции в районы воспроизводства. Нагульная область половозрелых особей включает практически всю акваторию моря.

Опираясь на предположение о едином популяционном статусе минтая в северо-восточной части Охотского моря, с 2007 г. оценка запасов и определение вылова специалистами выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение вылова распределяется между подзонами Северо-Охотоморская, Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская. С 2011 г. соотношение ОДУ по подзонам не меняется — 36:36:28%, соответственно.

Состояние запасов. Оценка состояния запаса североохотоморского минтая по результатам научно-исследовательской комплексной экспедиции в 2025 г., также как и в предыдущие годы, была выполнена 3 методами учета: траловым, ихтиопланктонным и акустическим.

По данным, представленным на рисунке 95 А, видно, что по всем трем методам к 2002 г. общий запас минтая снижался, а с 2004 г. — увеличивался. Пик биомассы, по данным ихтиопланктонных съемок, пришелся на 2009 г., а траловых и акустических — 2010 г. Отметим, что в 2009 г. ихтиопланктонным методом оцененный общий запас почти в 2 раза превысил величину 2008 г., а в 2010 г. — резко уменьшился более чем в 3 раза. Поскольку для минтая в принципе не свойственны резкие изменения биомассы в смежные годы, можно предположить, что в 2007–2008 гг. запас был недооценен. Низкая величина общей биомассы запаса в 2010 г., вероятно, связана с поздними сроками начала ихтиопланктонной съемки и ранним нерестом минтая в Охотском море. По ихтиопланктонному методу к 2012 г. общий запас увеличился, затем к 2016 г. — снизился, к 2017 г. — вновь увеличился почти в 2 раза, а к 2019 г. – уменьшился. В 2020–2023 гг. запас находился примерно на одном уровне — около 9,3 млн т, а в 2024–2025 гг. увеличился до 12,8 млн т. По траловым съемкам после пика биомассы в 2010 г. общий запас к 2012 г. снизился, в 2014 г. — увеличился и вплоть до 2019 г. оставался примерно на одном уровне, равном 11,8 млн т. Затем к 2021 г. резко увеличился до 15,0 млн т, а в 2022 г. также резко снизился до 12,5 млн т. В 2023–2024 гг. общий запас продолжал постепенно снижаться, а в 2025 г. незначительно увеличился и составлял 11,5 млн т. По акустическому методу общая биомасса после 2010 г. снизилась, затем к 2013 г. возросла, а в 2014 г. уменьшилась и в последующие 4 года оставалась примерно на этом уровне. В 2019 г. общая биомасса, оцененная этим методом, возросла до 10,6 млн т, затем снизилась в 2020 г. до 9,2 млн т. В

2021–2025 гг. она несущественно, то увеличивалась, то уменьшалась и в терминальном году составила 10,3 млн т.

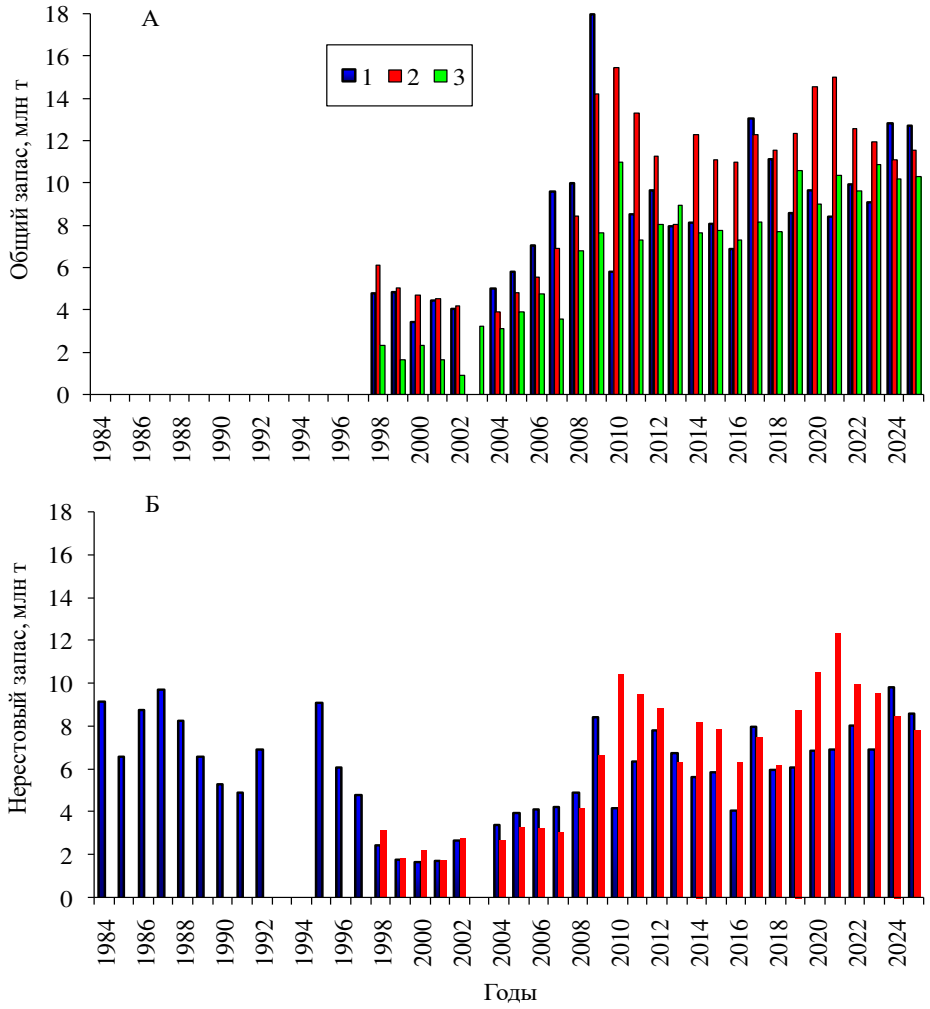


Рис. 95. Межгодовая динамика общего (А) и нерестового (Б) запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря (1 — ихтиопланктонный метод, 2 — траловый метод, 3 — акустический метод)

Биомасса нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря по ихтиопланктонному методу в 1984–1987 гг. находилась примерно на одном высоком уровне — более 9,0 млн т (рис. 95Б). Низкая оценка в 1985 г., очевидно, объясняется недоучетом минтая. После пика биомассы в 1987 г., равным 9,7 млн т, она постепенно снижалась и в 1991 г. составляла 4,9 млн т. В 1992 г. биомасса производителей увеличилась почти на 2 млн т. В 1993-1994 гг. исследования не проводились, но можно предположить, что в эти годы она увеличивалась, т.к. в 1995 г. было учтено порядка 9,1 млн т. Далее последовал период резкого снижения биомассы, и в 2000 г. она составляла всего 1,6 млн т. К 2008 г. нерестовый запас постепенно увеличивался, достигнув отметки в 4,9 млн т. В 2009 г. он возрос до 8,4 млн т, а в 2010 г. - снизился до 4,2 млн т. К 2012 г. вновь отмечено увеличение биомассы производителей. Далее, к 2016 г. она постепенно снижалась, а в 2017 г. возросла до 7,9 млн т. В 2018-2019 гг. нерестовый запас оценен

примерно в 6,0 млн т, к 2022 г. он постепенно увеличивался, достигнув отметки в 8,0 млн т, а в 2023 г. - снизился до 6,9 млн т. В 2024 г. нерестовый запас вновь увеличился до 9,8 млн т, а в 2025 г. - снизился до 8,6 млн т.

По траловому методу биомасса производителей с 1998 по 2001 гг. снижалась и достигла минимальной за весь период исследований величины (1,7 млн т). Затем вплоть до 2009 г., он постепенно увеличивался, а в 2010 г. резко возрос до 10,4 млн т. К 2013 г. биомасса производителей снизилась. В 2014–2018 гг. она незначительно изменялась, а в среднем составляла 7,2 млн т. В 2018 г. нерестовый запас снизился до 6,2 млн т, к 2021 г. — вновь увеличился до 12,3 млн т. В последующие годы запас постепенно снижался, составив в 2025 г. 7,8 млн т.

С 1995 по 2008 гг. специалистами «ТИНРО» в северо-восточной части Охотского моря довольно нерегулярно выполнялись осенние пелагические траловые съемки, во время которых оценивалась и общая биомасса минтая. По результатам этих работ, после минимума биомассы общего запаса, зарегистрированного в 1999 г. (1,3 млн т), ресурсы минтая к 2008 г. постепенно возрастали и достигли отметки 9,4 млн т (рис. 96), что сопоставимо с данными ихтиопланктонных съемок (рис. 95А).

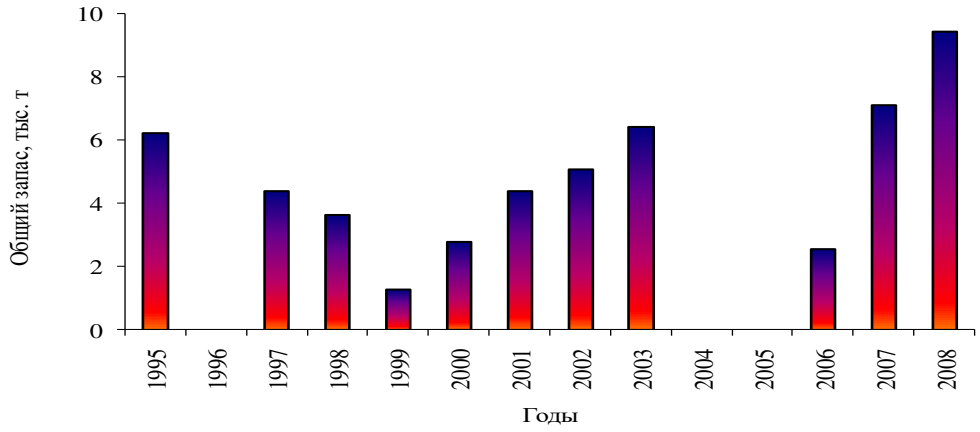


Рис. 96. Межгодовая динамика общей биомассы минтая в северо-восточной части Охотского моря по результатам осенних пелагических траловых съемок «ТИНРО»

Таким образом, оценки, как общего, так и нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря, полученные разными методами в один год, нередко существенно различались между собой, что, очевидно, связано с особенностями их проведения. Более того, отмечены значительные изменения оценок запаса, полученные одним и тем же методом в смежные годы (до 2 млн т), что в принципе не характерно для минтая. Возможно, что в некоторые годы запасы минтая тем или иным методом были недоучтены из-за сложной ледовой обстановки, особенностей распределения рыб, сроков нереста и др. В этой связи, использование результатов учетных съемок в качестве независимых индексов для настройки модели представляется более чем оправданным.

Как правило, в период выполнения весенней съемки (с начала апреля по конец мая) производители сконцентрированы на традиционных нерестилищах, расположенных в шельфовой зоне Западной Камчатки, Притауйского, Северо-Охотоморского районов и глубоководной части зал. Шелихова. По результатам траловой съемки 2025 г. основные скопления наблюдались вблизи нерестилищ, отчетливо прослеживались их контуры (рис. 97). У побережья Западной Камчатки в отличие от прошлого года скопления производителей распределялись преимущественно на шельфе непрерывной линией вдоль всего полуострова, весной 2025 г. основное скопление половозрелого минтая наблюдалось в районе между 53°–56° с.ш. В зал. Шелихова, как всегда, производители сконцентрированы в глубоководной его части. В Северо-Охотоморском районе распределение половозрелого минтая отличалось от прошлогоднего — площадь скоплений в Притауйском районе была больше обычной, а скопление на возвышенности Лебедя было более вытянутым с юга на север между 149-152° в.д. (рис. 97).

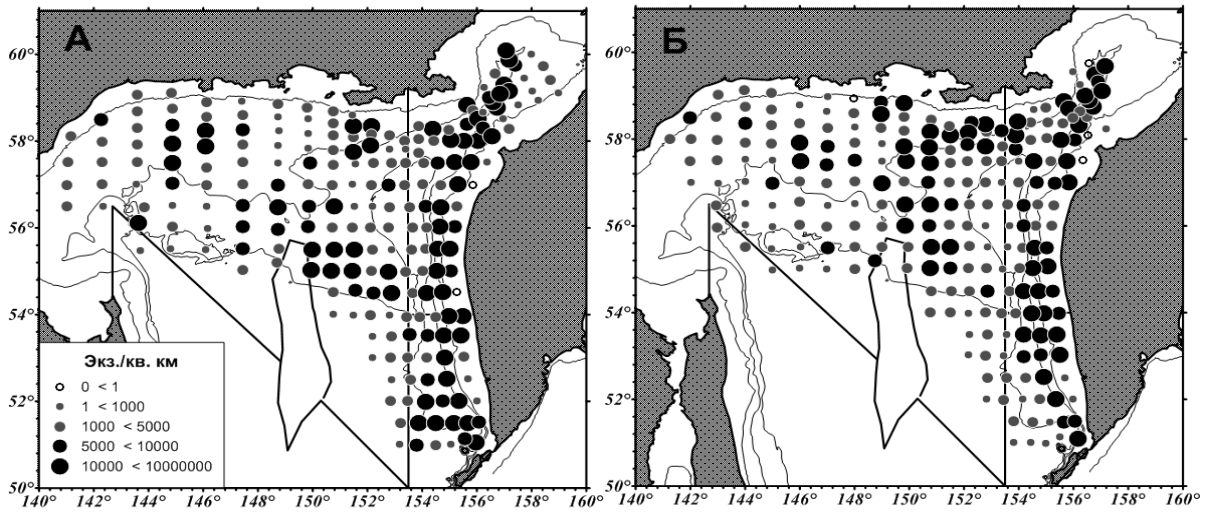


Рис. 97. Распределение половозрелого минтая в Охотском море в 2024 (А) и 2025 (Б) гг.

По траловому методу весной 2025 г. были получены оценки, близкие к прошлогодним, численность минтая составила 34,8 млрд экз., биомасса — 11,5 млн т. Из общего запаса на производителей пришлось 15,2 млрд экз. или 7,8 млн т, а на неполовозрелых особей 19,6 млрд экз. или 3,7 млн т. В 2024 г. по этому методу численность была оценена в 38,8 млрд экз., а биомасса — 11,1 млн т, на производителей приходилось 17,3 млрд экз. или 8,5 млн т, а на неполовозрелых особей — 21,0 млрд экз. или 2,6 млн т. Соответствующие оценки 2023 и 2022 гг. составили: в 2023 г. — 19,2 млрд экз. или 9,5 млн т, а на неполовозрелых особей пришлось 20,7 млрд экз. или 2,4 млн т, а в 2022 г. производители составляли 22,7 млрд экз. или10,4 млн т, а неполовозрелые особи — 28,6 млрд экз. или 2,4 млн т. Эти оценки показывают, что численность и биомасса производителей в последние годы снижаются, а у неполовозрелых рыб численность снижается, а биомасса растет.

Последние шесть лет общий размерно-возрастной состав минтая в северо-восточной части Охотского моря имел полимодальную структуру, включающую в себя особей различных возрастов и поколений разной степени урожайности. В 2022 г. размерная структура в сравнении с предыдущим годом изменилась (рис. 98). Доля старшевозрастных особей заметно снизилась, также как и доля 2–3-годовиков размерами 17–25 см. Однако очень существенную часть от общего количества составляли годовики поколения 2021 г. Промысловый запас образовывали особи длиной от 37 до 45 см, среди которых доминировали частично 5-, в большинстве - 6- и 7-годовики. В 2023 г. 2-годовики поколения 2021 г. составляли значительную часть от общей численности минтая, среди половозрелых рыб преобладали 7–6-годовики, доля вступающих в промзапас 5-годовиков была невысока. В 2024 г. снижение доли старшевозрастных особей продолжилось, 3-годовики поколения 2021 г. отчетливо прослеживались в структуре общего запаса, составляя группу рыб длиной 24–29 см, заметны были годовики 2023 г. рождения. Это поколение у Западной Камчатки предварительно оценивалось как среднее по численности (рис. 98). Исследования 2025 г. подтвердили, что доля старшевозрастного минтая в запасе снижается, при этом в пополнении отчетливо прослеживается урожайное поколение 2021 г. Кроме того, за прошедший год численность рыб поколения 2023 г. заметно снизилась и теперь его можно оценить только как не урожайное.

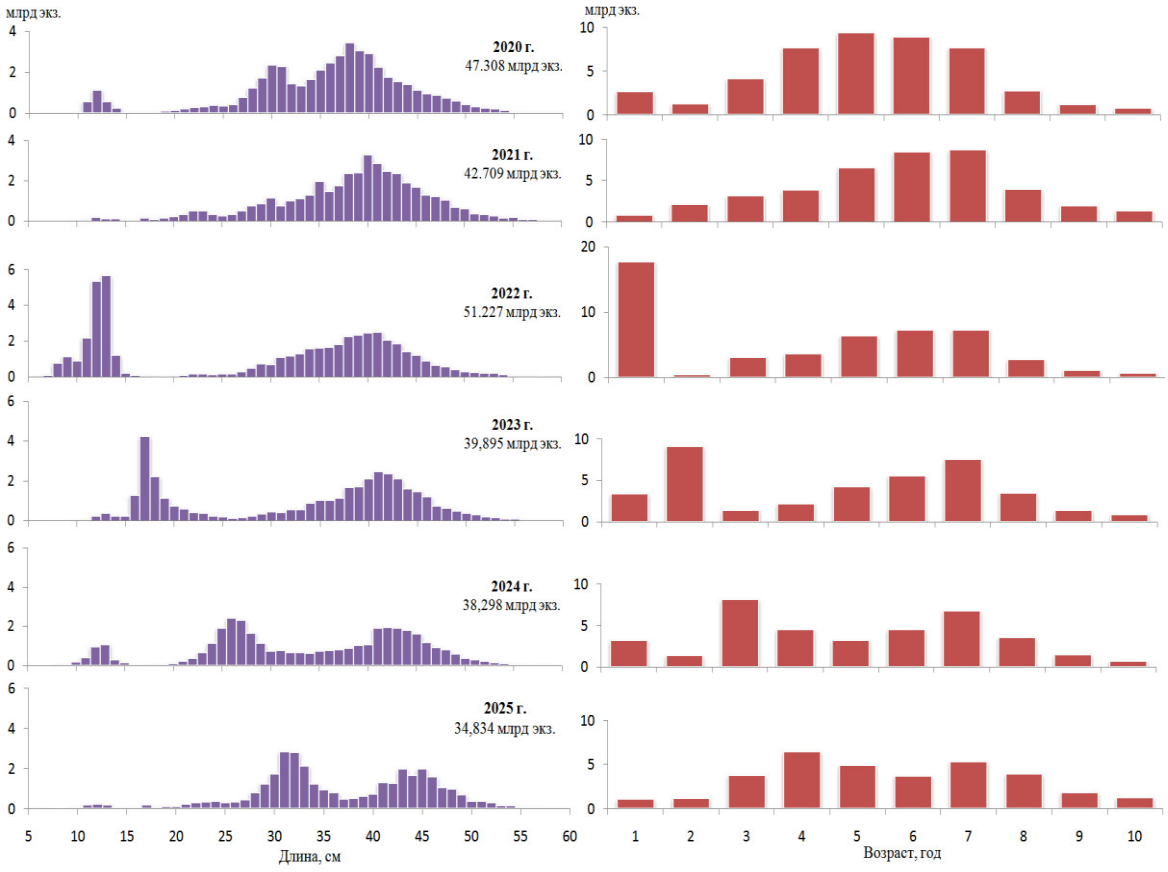


Рис. 98. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая в северо-восточной части Охотского моря, по данным научно-исследовательских траловых съемок

В целом по результатам исследований 2025 г. структуру запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря можно оценить как удовлетворительную. В 2027 г. урожайное поколение 2021 г. рождения полностью войдет в промысловый запас, однако, учитывая наблюдаемые тенденции, к заметному росту запаса это не приведет, и он останется на прежнем уровне. По нашим наблюдениям, поколения 2022–2024 гг. рождения пока оцениваются как неурожайные, их последовательное вступление в нерестовый запас по мере созревания, вероятно, не приведет к смене тенденции. Ожидается, что снижение запасов североохотоморского минтая может закончиться после 2027 г. Тем не менее, в настоящее время запас продолжает находиться на высоком уровне, выше целевого ориентира по биомассе.

По результатам последней донной траловой съёмки, выполненной на западнокамчатском шельфе летом 2024 г., уловы минтая на 1 час траления достигали 20,2 т, при среднем значении, равном 0,8 т. Доля вида по массе достигала 91,6%, а в среднем составляла 35,4%. Для сравнения в 2022 г. этот показатель был равен 28,5%. Скопления средней и высокой плотности располагались на глубинах свыше 70 м практически на всем протяжении района работ (рис. 99).

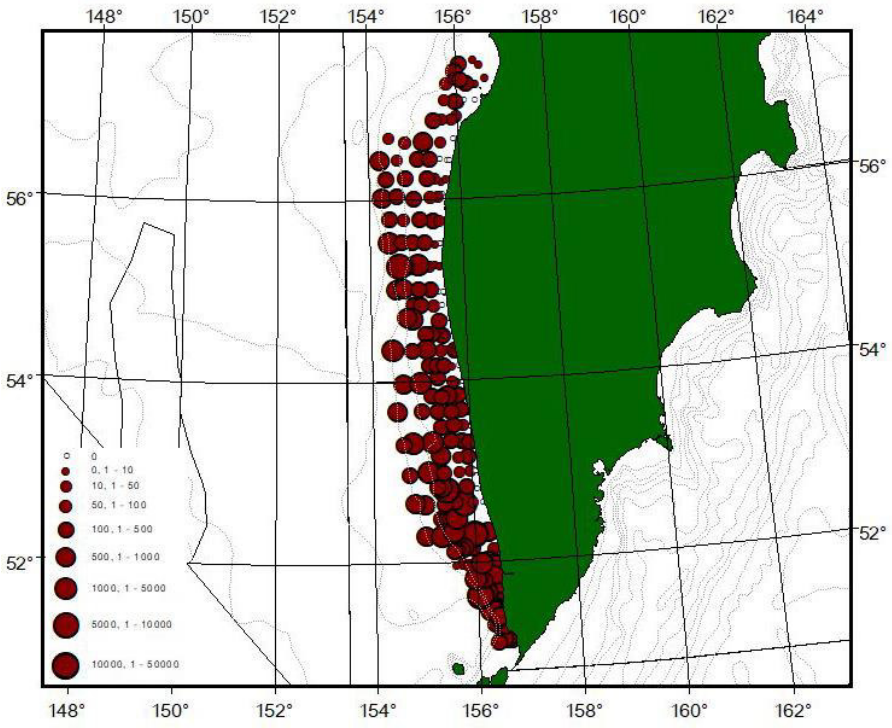


Рис. 99. Схема распределения уловов минтая у Западной Камчатки по результатам донной траловой съемки в июле–августе 2024 г., кг/час траления

Средняя плотность распределения минтая на обследованной площади составляла 10,5 т/км^2 или 64,4 тыс. экз./км^2 (табл. 23), что сопоставимо с показателями 2022 г., но существенно ниже, чем в 2018–2021 гг.

Таблица 23

Межгодовая динамика индекса средней плотности распределения, индекса общей численности и биомассы минтая (КУ=1) на стандартном полигоне у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок

Год	Индекс средней плотности		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км^2	т/км^2		
2014	61,791	16,585	3576,256	959,869
2015	43,560	17,240	2521,091	997,808
2016	86,255	18,079	4992,148	1046,34
2017	35,094	12,622	2031,125	730,527
2018	118,668	27,636	6868,095	1599,45
2019	82,637	11,868	4782,743	686,86
2020	171,320	29,722	9915,376	1720,23
2021	72,913	13,374	4219,968	774,031
2022	67,974	9,730	3934,118	563,157
2023	—	—	—	—
2024	64,427	10,504	3728,809	607,941

Общая учтенная биомасса составила 607,9 тыс. т, что несколько выше, чем в 2022 г., но ниже, чем в 2014–2021 гг.

По результатам донной траловой съемки в 2024 г. длина минтая варьировала от 9 до 83 см (рис. 100), а доминировали особи размерной группы 31–34 см (36,9%). Преобладали рыбы в возрасте 2+ и 4+ лет поколений 2020 и 2022 гг.

Анализ межгодовой динамики размерно-возрастного состава по результатам донных траловых съемок позволяет отнести поколение 2018 г. к разряду средних или высокочисленных (рис. 101), что согласуется с данными весенних траловых съемок. Оно доминировало в уловах с 2019 г. до 2022 г. В то же время генерация 2021 г., которая считается урожайной, себя никак не проявила.

В результате расчетов по когортной модели в пространстве состояний, на начало 2025 г. оценка общего запаса минтая в возрасте 2–13+ лет в северо-восточной части Охотского моря составила 10,084 млн т, а нерестового — 6,520 млн т (рис. 102).

По новым данным, из 10 последних поколений только численность поколений 2022 и 2023 гг. оценивается ниже среднемноголетнего уровня (рис. 103). Необходимо отметить, что поколение 2021 г. по имеющимся данным оценивается, как высокочисленное. В этой связи когортная модель в пространстве состояний показывает некоторую стабилизацию нерестового запаса в 2024–2025 гг., и продолжение плавного снижения общего запаса с 2023 г. Тем не менее, ресурсы североохотоморского минтая продолжают находиться на высоком уровне, выше целевого ориентира по биомассе.

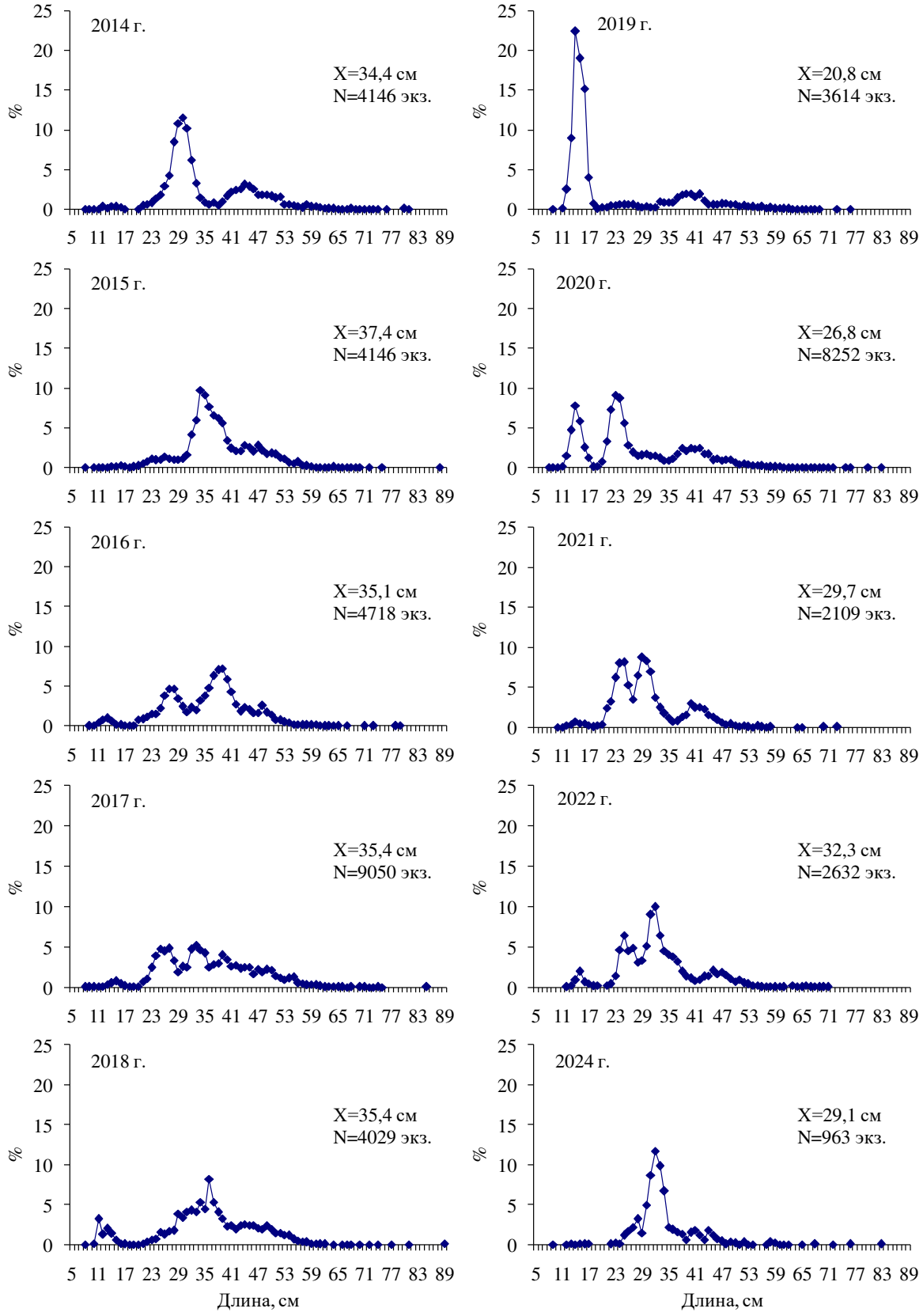


Рис. 100. Межгодовая динамика размерного состава минтая у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок (на графиках указана средняя длина (X) и количество промеров (N))

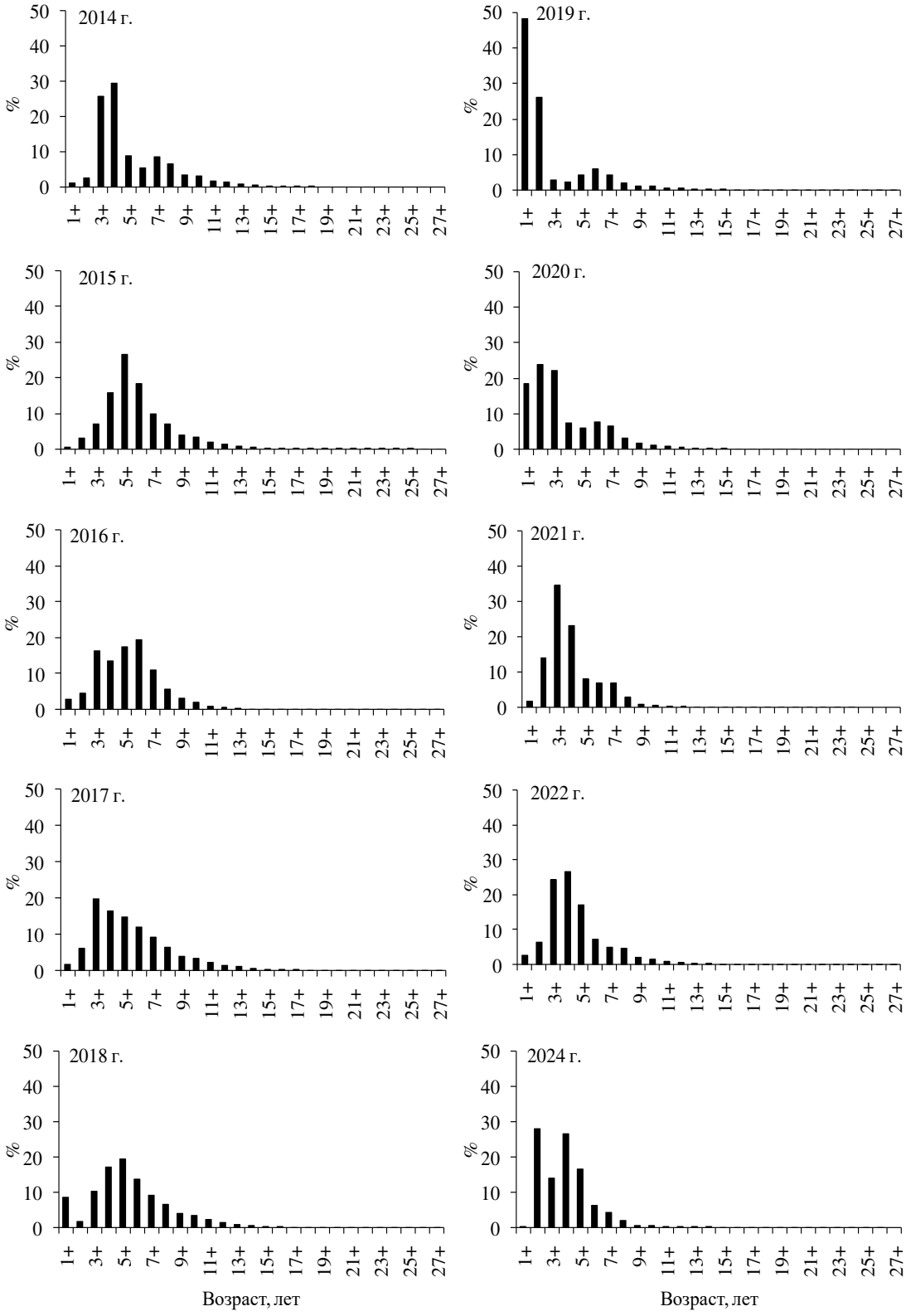


Рис. 101. Межгодовая динамика возрастного состава минтая у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок

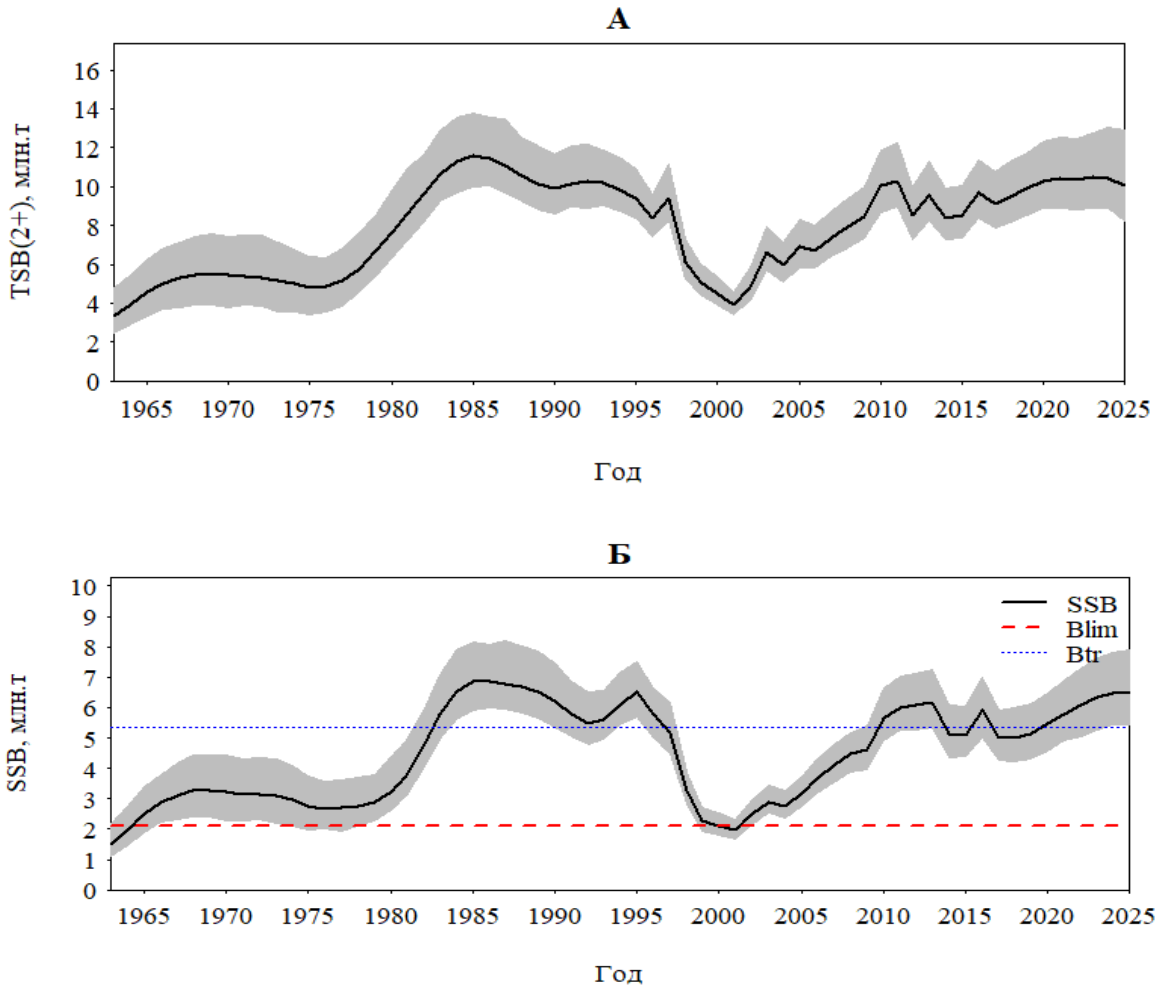


Рис. 102. Межгодовая динамика биомассы общего (А) и нерестового (Б) запаса североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

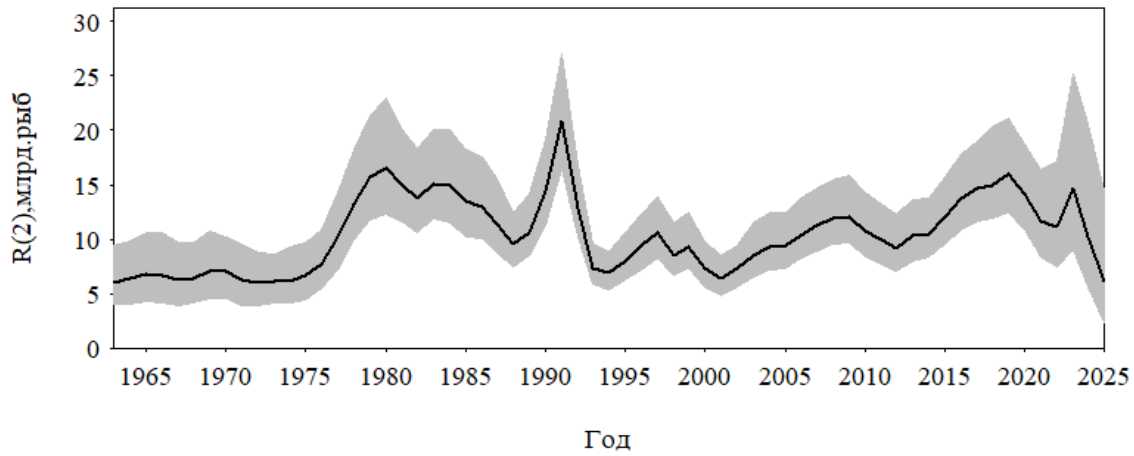


Рис. 103. Межгодовая динамика численности пополнения североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Межгодовая динамика мгновенных коэффициентов промысловой смертности представлена на рисунке 104. Хорошо видно, что, исходя из действующего ПРП, промысел североохотоморского минтая в последние годы велся рационально.

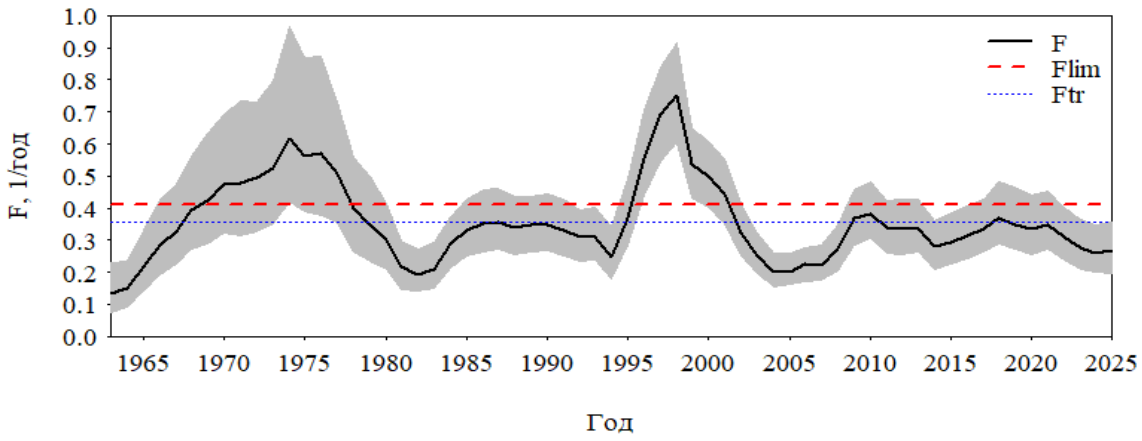


Рис. 104. Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Оценки параметров когортной модели в пространстве состояний представлены в таблице 24. Оцененное значение МКЕС составило 0,254 год$^{-1}$.

Таблица 24

Оценки параметров когортной модели в пространстве состояний и их коэффициенты вариации

Параметр	Оценка	CV	Параметр	Оценка	CV	Параметр	Оценка	CV
qI1	0,000334	0,096	σ^2R	1,000	-	σ^2I4	0,030	0,391
qI2	1,357	0,097	a0	5,939	0,053	φ1	0,626	0,053
qI3	1,283	0,110	σ_C	0,295	0,073	ρ	1,617	0,162
qI4	1,057	0,109	A	0,068	0,233	M	0,254	0,071
σ^2F	0,054	0,241	B	0,002	0,379	qIR2	0,240	0,181
σ^2r1	0,001	0,679	σ^2I1	0,003	0,576	qIR3	0,431	0,180
σ^2r2	0,032	0,670	σ^2I2	0,041	0,253	σ^2IR	0,772	0,196
σ^2r3	0,001	0,009	σ^2I3	0,043	0,356			

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 105. Можно увидеть изменения в селективности, связанные с последствиями введения в 2001 г. запрета (п. 32.4 в современной редакции Правил рыболовства) на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи, устанавливаемой между мотенной частью трала и траловым мешком (кутцом). В последние годы происходит увеличение селективности в отношении мелкоразмерного

минтая, обусловленное ростом, начиная с 2016 г., числа судов на промысле минтая, оснащенных тралами «западных» проектов («Атлантика» (несколько модификаций), «Egersund», «Gloria» (несколько модификаций) и др.) [Варкентин и др., 2021].

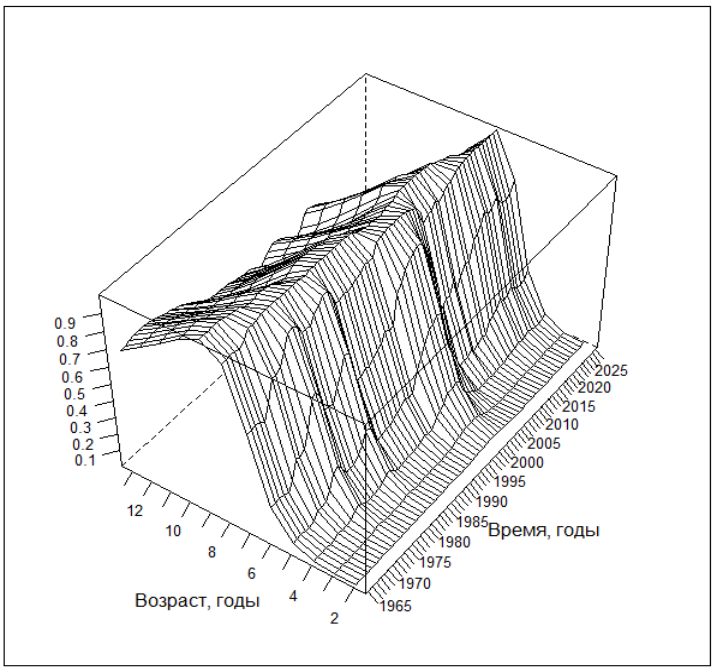


Рис. 105. Динамика коэффициентов селективности североохотоморского минтая

Межгодовая динамика модельных и наблюденных индексов запаса североохотоморского минтая представлена на рисунках 106–107.

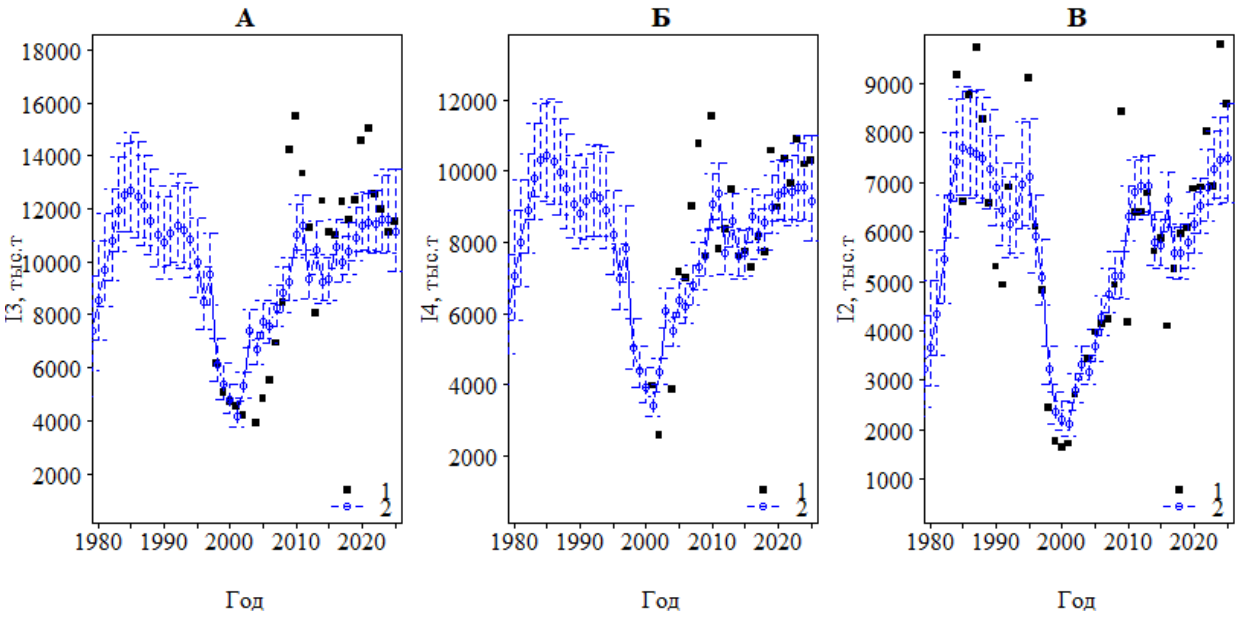


Рис. 106. Межгодовая динамика модельных с доверительными границами и наблюденных индексов запаса — общий запас по траловым (А) и акустическим (Б) съемкам, нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (В)

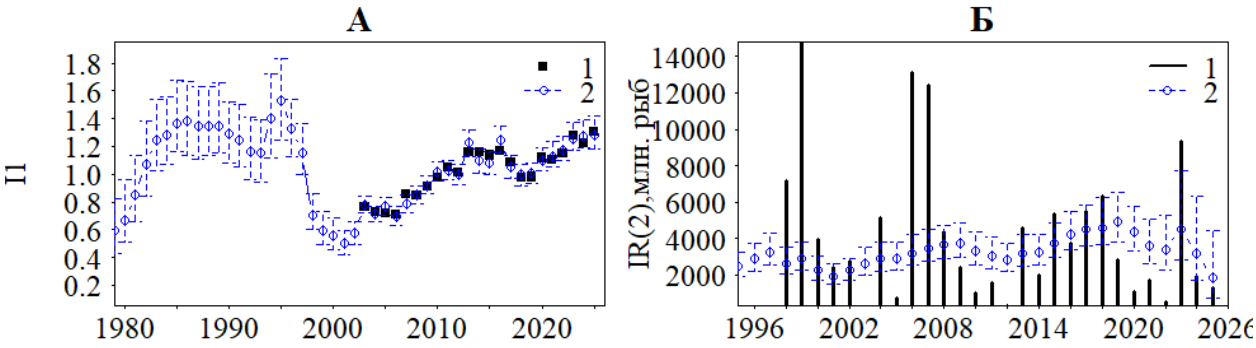


Рис. 107. Межгодовая динамика модельных с доверительными границами и наблюденных индексов запаса — нормированный стандартизованный улов на усилие (А) и численность пополнения по данным траловых съемок (Б)

Поскольку в модели предполагается нормальное распределение отклонений логарифмов наблюдений от их одношаговых прогнозов по модели, необходимо проверить эти предположения. Проверка гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p<0,05$.

Результаты ретроспективного анализа (7 лет) оценок биомассы нерестового запаса североохотоморского минтая представлены на рисунке 108. Значение показателя Мона ρ [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило -2,6%. В работе Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al, 2015] были предложены пороговые значения показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%. Таким образом, расчеты свидетельствуют об отсутствии значимой ретроспективной смещенности модельных оценок нерестовой биомассы.

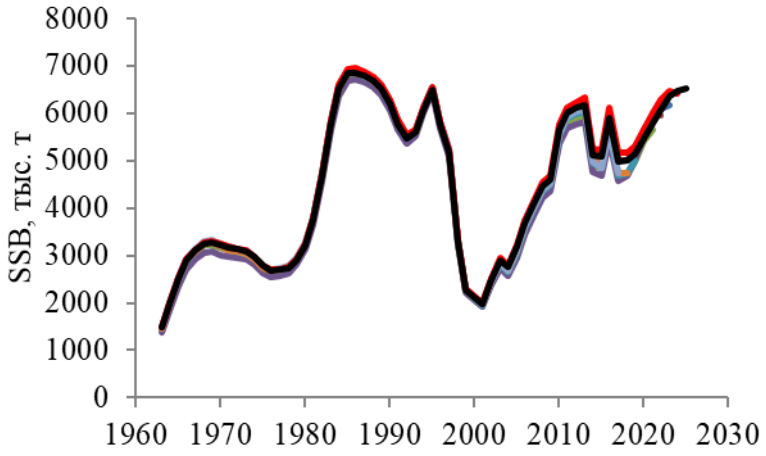


Рис. 108. Результаты ретроспективного анализа оценок нерестовой биомассы североохотоморского минтая

Промысел. В Охотском море промысел минтая ведется с 1950-х гг. Добывали его сначала японские и корейские, а с 1963 г. — и отечественные рыбаки [Шунтов и др., 1993; Варкентин, Сергеева, 2017]. Основным районом добычи в начальный период был западнокамчатский шельф, причем до 1984 г. — исключительно район, лежащий к югу от 54-ой параллели (в Камчатско-Курильской подзоне), что определяли действовавшие тогда Правила рыболовства. В Северо-Охотоморской подзоне промысел минтая начат в 1977 г. До 1984 г. здесь вылавливали от 0,2 тыс. т до 100 тыс. т или не более 17,2% общего вылова по всему морю. С 1985 г. значение этого района резко возросло. Максимальный вылов в 847,6 тыс. т был зарегистрирован в 1995 г. [Фадеев, Веспестад, 2001; Варкентин, Сергеева, 2017]. В 1990-х гг. активный промысел минтая велся в анклаве, однако, данные о вылове в этом районе есть только за 1991–1994 гг. В 1992 г. здесь добыто около 693 тыс. т.

За всю историю промысла минтая в северо-восточной части Охотского моря рекордный вылов в указанных рыбопромысловых районах, равный 1925 тыс. т, зарегистрирован в 1997 г. (рис. 109). Затем, из-за резкого снижения запасов, к 2004 г. он сократился более чем в 5 раз. С 2005 г. вылов увеличивался и в 2010 г. достиг 990 тыс. т. В связи со снижением ресурсов североохотоморского минтая, с 2011 г. суммарный ОДУ снижался, соответственно, уменьшался и вылов.

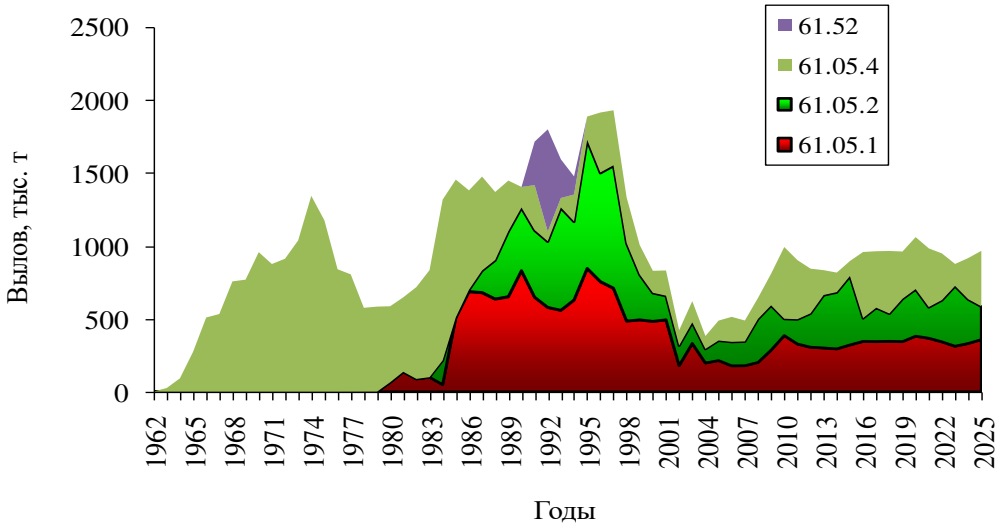


Рис. 109. Межгодовая динамика вылова минтая в северо-восточной части Охотского моря

В последние 10 лет максимальный ОДУ и вылов зарегистрированы в 2020 г. (табл. 25). В 2025 г. общий вылов минтая в северо-восточной части Охотского моря составил 964,1 тыс. т, ОДУ освоен на 95,9%.

С 2010 г. и по настоящее время вылов минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах разрешен в счет общего ОДУ. В одни годы (2013–2015, 2023 гг.) основной промысел у Западной Камчатки велся в первой из указанных подзон, в другие (2010–2012, 2016–2022, 2024–2025 гг.) — во второй, что связано, в первую очередь, с межгодовой динамикой

распределения рыб, а также синоптическими, термическими и ледовыми условиями в период путины.

Таблица 25

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ минтая по рыбопромысловым районам северо-восточной части Охотского моря в последнее десятилетие

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
Северо-Охотоморская подзона			
2016	348,0	345,959	99,4
2017	348,0	345,021	99,1
2018	348,0	346,749	99,6
2019	347,1	344,728	99,3
2020	383,0	381,805	99,7
2021	381,6	367,790	96,4
2022	344,2	343,118	99,7
2023	322,9	313,126	97,0
2024	342,5	332,005	96,9
2025	361,8	358,108	99,0
Западно-Камчатская подзона			
2016	348,0	158,209	45,5
2017	348,0	230,182	66,1
2018	348,0	188,722	54,2
2019	347,1	291,590	84,0
2020	383,0	320,588	83,7
2021	381,6	211,743	55,5
2022	344,2	284,384	82,6
2023	322,9	411,242	127,4
2024	342,5	301,322	88,0
2025	361,8	226,529	62,6
Камчатско-Курильская подзона			
2016	270,7	451,971	167,0
2017	270,7	386,139	142,6
2018	270,7	427,738	158,0
2019	269,8	323,216	119,8
2020	298,0	355,442	119,3
2021	296,9	401,432	135,2
2022	267,6	318,843	119,1
2023	251,2	149,995	59,7
2024	266,5	281,328	105,6
2025	281,4	379,420	134,8
Вся северная часть Охотского моря			
2016	966,7	956,139	98,9
2017	966,7	961,342	99,4
2018	966,7	963,209	99,6
2019	964,0	959,534	99,5
2020	1064,0	1057,835	99,4
2021	1060,1	980,965	92,5
2022	956,0	946,345	99,0
2023	897,0	874,363	97,5
2024	951,5	914,655	96,1
2025	1005,0	964,057	95,9

Основным орудием лова минтая в ИЭЗ Охотского моря, как и в других районах его добычи, является разноглубинный трал. В Северо-Охотоморской подзоне за последние 10 лет доля вылова этим орудием лова изменялась незначительно, в среднем, составляя 99,1% (рис. 110).

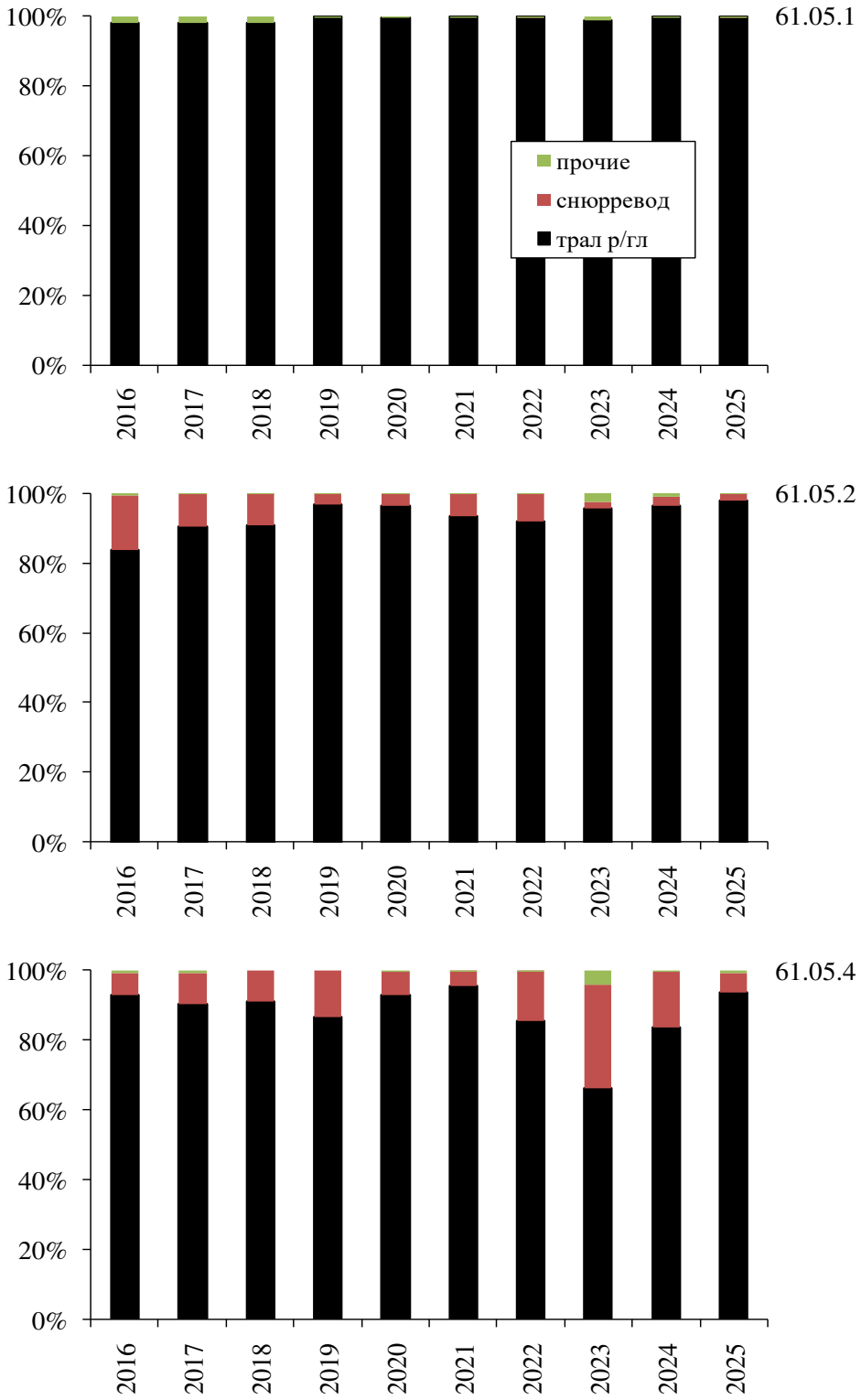


Рис. 110. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая в северной части Охотского моря по орудиям лова

В Западно-Камчатской подзоне в рассматриваемый период относительный вклад в общий вылов минтая разноглубинных тралов варьировал от 83,6% (2016 г.) до 97,9% (2025 г.), а в среднем составлял 93,2%. Вторым по значимости орудием лова в этом районе является снюрревод. В 2016–2025 гг. его вклад в общегодовой вылов изменялся от 1,9% (2023 г.) до 15,6% (2016 г.), а в среднем составлял 6,2%. Траловый промысел является основным и в Камчатско-Курильской подзоне. В последние 10 лет доля вылова на этом виде лова варьировала от 66,2% (2023 г.) до 95,6% (2021 г.) при среднем значении, равном 87,9%. Доля вылова снюрреводами изменялась от 4,3% (2021 г.) до 29,6% (2023 г.), а в среднем составляла 11,4%. В незначительных объемах в рассматриваемых районах минтай добывают в качестве прилова на траловом промысле сельди, донном траловом промысле трески, камбал, наваги, ярусном промысле трески, палтусов.

Промысел минтая в северной части Охотского моря имеет четко выраженный сезонный характер, связанный как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и с экономическими причинами, в частности, рентабельностью лова. Согласно п. 28.1 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза РФ от 06.05.2022 г. № 285 (далее — Правила рыболовства), специализированный промысел минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах разрешен с 1 января до 1 апреля, а в Северо-Охотоморской — до 10 апреля (так называемый, сезон «А») и далее с 16 октября — в Северо-Охотоморской подзоне — и с 2 ноября — в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах — до конца года (сезон «Б»). Принимая во внимание высокую рентабельность лова за счет возможности производства икры, наибольшее предпочтение промышленниками отдается сезону «А». Так, в 2025 г. в январе–апреле суммарно всеми орудиями лова было освоено порядка 87,9% годового вылова этого вида в северо-восточной части Охотского моря, а в октябре–декабре — 10,6% (рис. 111). Невысокие объемы вылова в сезон «Б» объясняются тем, что минтай в это время еще продолжает нагульные миграции, плотные скопления не образует, выход икры невысок.

В отличие от тралового, снюрреводный промысел минтая у Западной Камчатки ведется практически круглогодично, однако, наибольший вылов, по экономическим причинам, также приходится на первую половину года. Так, в 2025 г. в указанный период было освоено 83,47% годового вылова этим орудием лова. Далее, в связи с завершением нереста минтая и, соответственно, снижением коммерческой стоимости сырца, вылов закономерно уменьшается. Тем не менее, этот вид являлся неотъемлемой частью уловов прибрежного рыболовства донных видов рыб вплоть до конца года.

Межгодовая динамика индекса улова на единицу усилия на специализированном траловом промысле минтая в северо-восточной части

Охотского моря представлена на рисунке 112. Видно, что после максимума в 2016 г. в последующие 2 года он снижался, в 2018–2019 гг. — был примерно на одном уровне, а далее увеличивался, достигнув в 2025 г. максимального за рассматриваемый период значения.

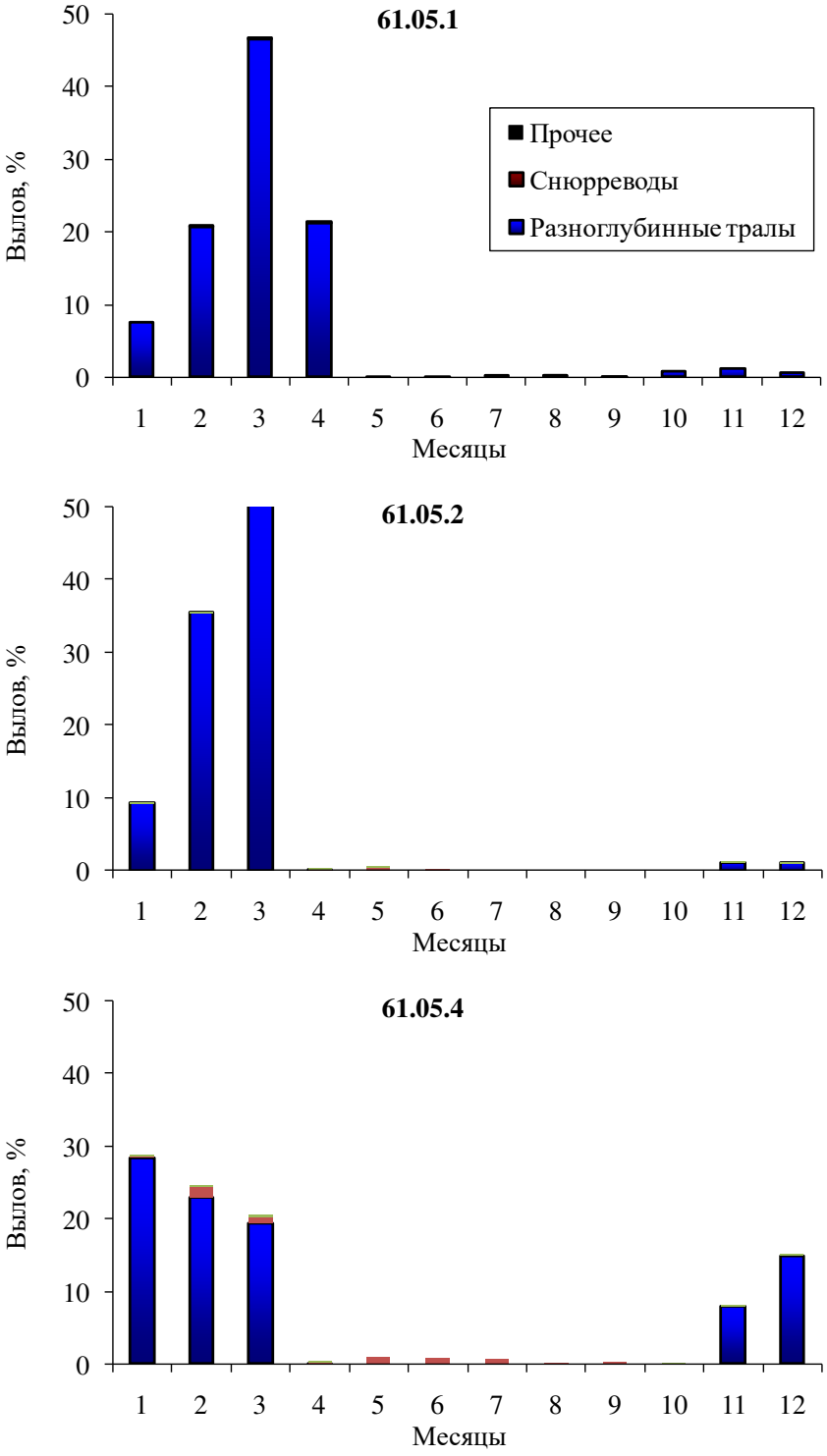


Рис. 111. Вылов минтая в северо-восточной части Охотского моря по орудиям лова и месяцам в 2025 г.

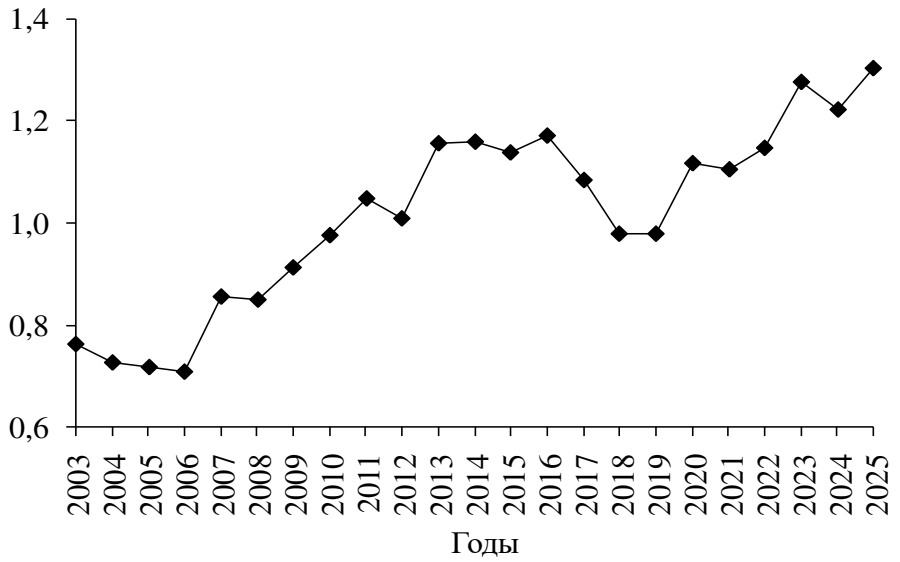


Рис. 112. Межгодовая динамика индекса улова на единицу усилия на специализированном траловом промысле минтая в северо-восточной части Охотского моря

По информации научных наблюдателей, в Северо-Охотоморской подзоне в январе 2025 г. в траловых уловах доминировал минтай длиной 38–43 см (58,4%) (рис. 113). Средний прилов рыб непромысловой длины (менее 35 см по AD или менее 37 см по AC) превышал установленный Правилами рыболовства предел в 20% и составлял 26,5%. В феврале–марте в указанной подзоне размерный состав минтая в уловах несколько изменился. Превалировали особи размерной группы 39–45 см (около 70%). Соответственно, средняя длина увеличилась, а прилов молоди — уменьшился. В первой декаде апреля в указанном районе добывали наиболее крупного минтая. Основу уловов составляли рыбы размерной группы 41–46 см. Средняя длина возросла до 42,4 см, а прилов молоди не превышал установленный предел.

В Западно-Камчатской подзоне в течение всего зимне-весеннего сезона промысла доминировал минтай одних и тех же размерных групп 40–45 см (более 50%). Средняя длина рыб варьировала по месяцам от 40,5 до 42,9 см, а прилов молоди не превышал 20%-й предел.

В Камчатско-Курильской подзоне в январе–феврале превалировали рыбы размерной группы 36–45 см (около 80%). Средняя длина особей была ниже, чем в Западно-Камчатской подзоне, а прилов молоди выше установленного предела. В марте основу уловов составлял минтай размерной группы 35–47 см при среднем значении, равном 41,2 см. Средний прилов маломерных особей составлял 24,4%. Близкий размерный состав рыб зарегистрирован и в ноябре. Доминировали особи размерной группы 35–44 см, средняя длина составила 39,3 см, средний прилов молоди — 32,9%.

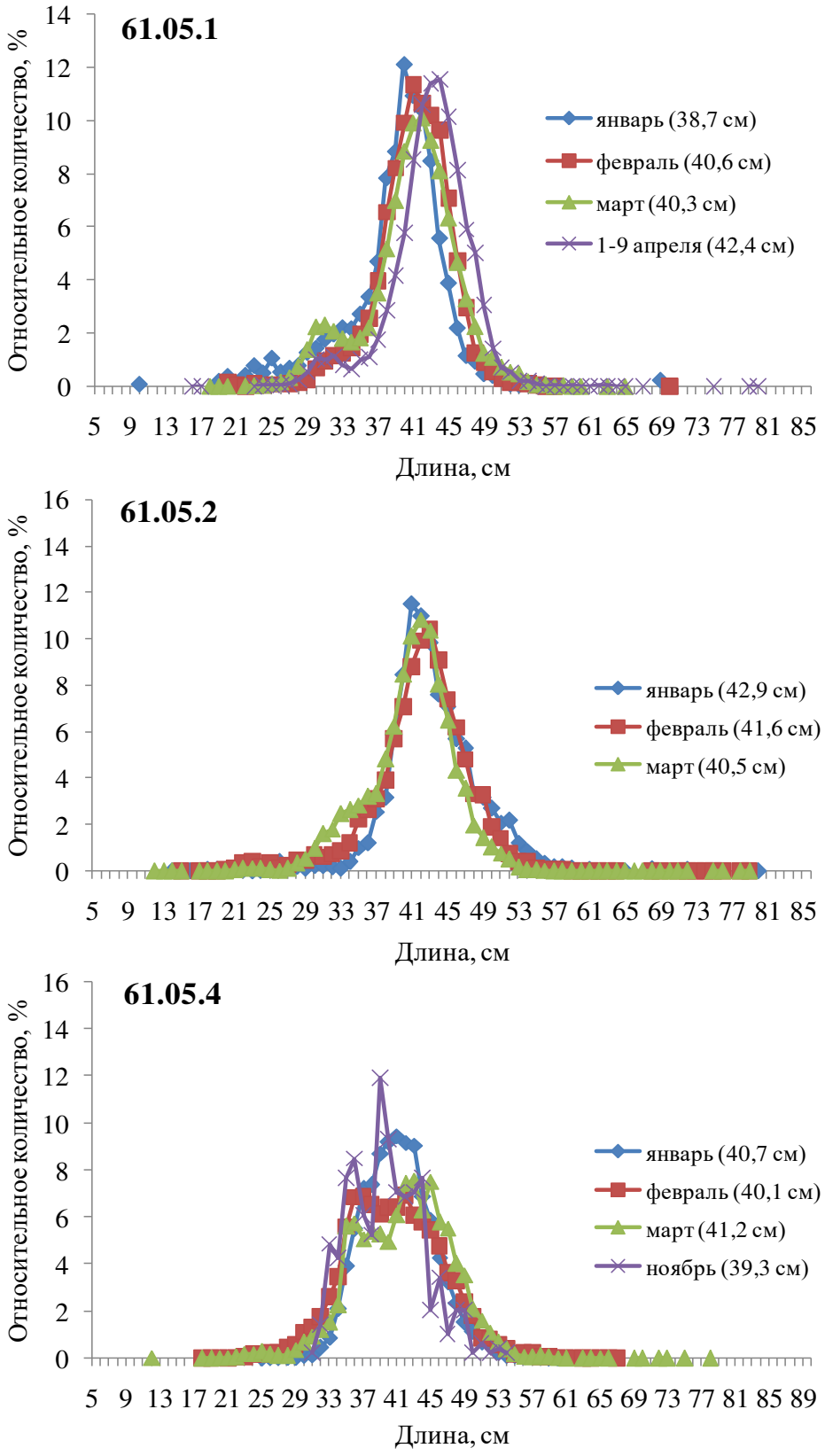


Рис. 113. Размерный состав минтая в промысловых траловых уловах в 2025 г. в северо-восточной части Охотского моря (в скобках — средняя длина рыб)

У Западной Камчатки в уловах снюрреводом размерный состав минтая значительно изменялся по месяцам, а, в целом, превалировали более крупные рыбы, чем в траловых уловах (рис. 114).

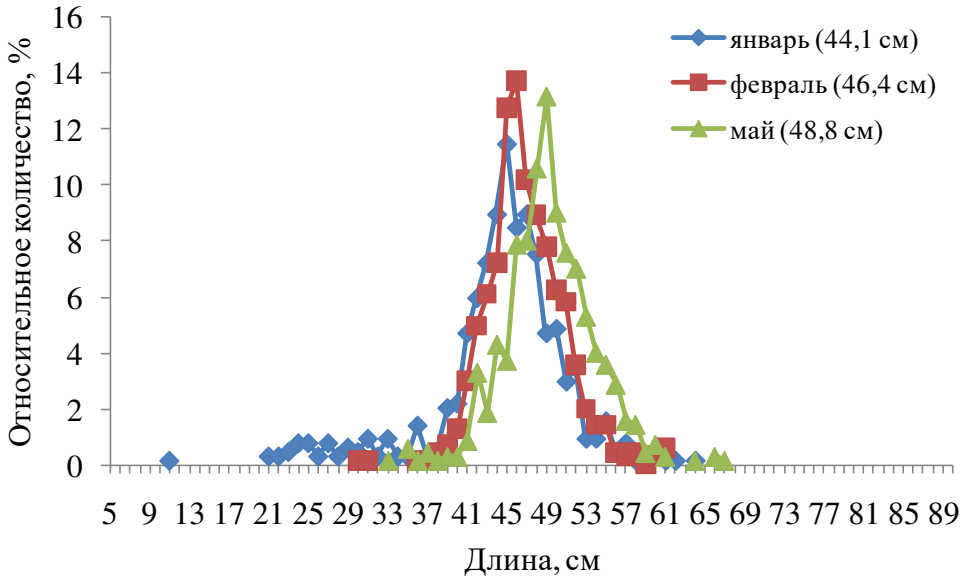


Рис. 114. Размерный состав минтая в промысловых снюрреводных уловах в 2025 г. у Западной Камчатки (в скобках — средняя длина рыб)

Итоговый размерный состав минтая в промысловых траловых уловах в северо-восточной части Охотского моря рассчитывали отдельно по подзонам и месяцам с учетом вылова, переведенного в количественное выражение (млн шт.), и выбросов молоди. Общий размерный состав минтая в снюрреводных уловах определяли суммарно для Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон по месяцам также с учетом вылова в количественном выражении. Годовой размерный состав рассчитывали путем суммирования итоговых размерных составов в траловых и снюрреводных уловах в млн экз. Из-за недостаточного объема данных приняли ряд допущений:

— в сезон «Б» в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах размерный состав минтая в траловых уловах принят таким же, как в ноябре в Камчатско-Курильской подзоне;

— в снюрреводных уловах у Западной Камчатки в марте–апреле размерный состав принят аналогичным февральскому, а в июне–декабре — майскому.

В целом, в 2025 г. в северо-восточной части Охотского моря в промысловых уловах встречался минтай длиной 10–90 см в возрасте 1–27 лет, а доминировали особи размерной группы 38–45 см (61,4%), возрастных групп 6–7 лет (53,4%) (рис. 115–116). Мода пришлась на 7-годовиков (27,5%) поколения 2018 г., на втором месте были 6-годовики (25,9%) поколения 2019 г. Средняя длина рыб составила 40,6 см, средний возраст — 6,5 лет.

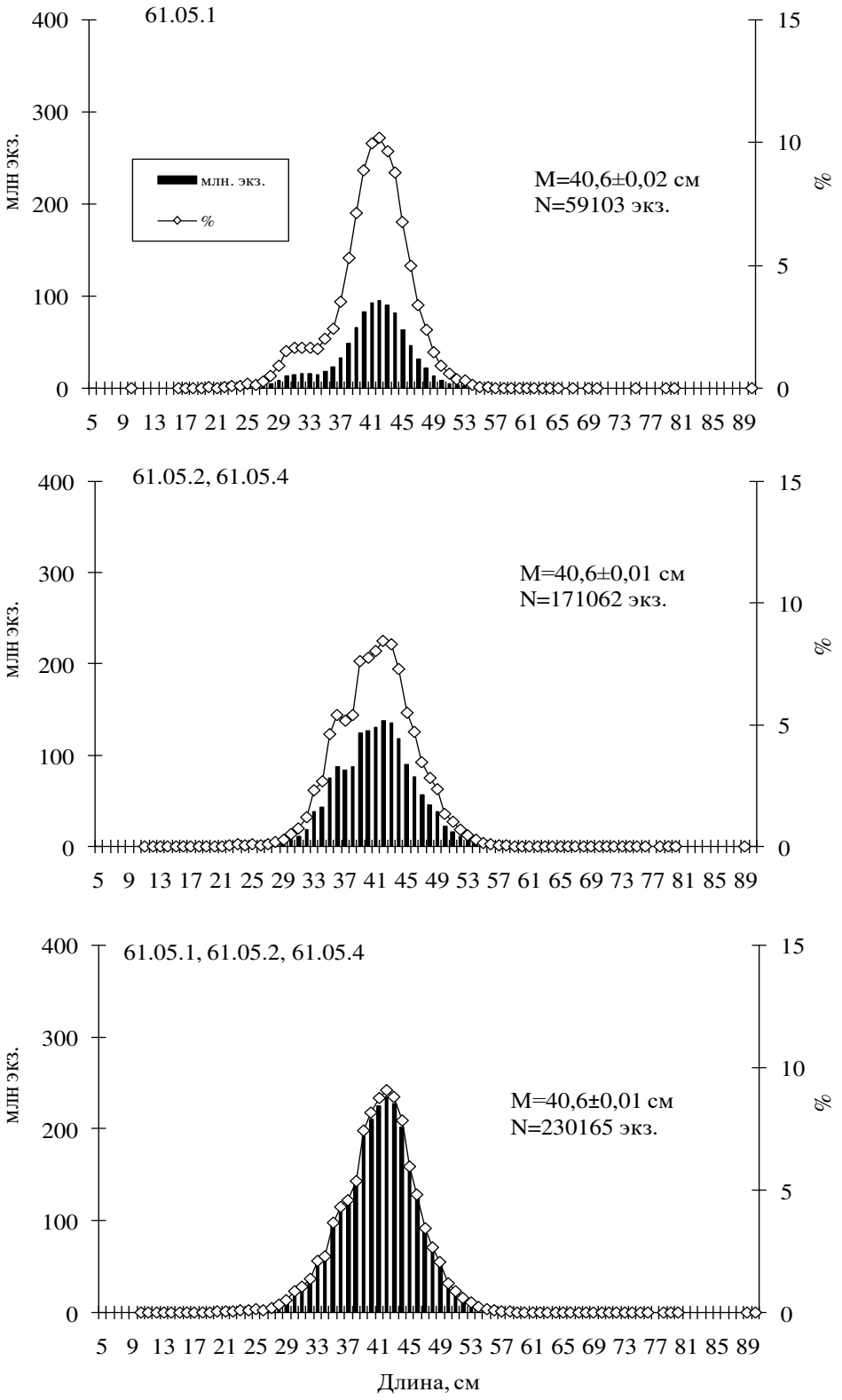


Рис. 115. Обобщенный размерный состав минтая в промысловых траловых и снюрреводных уловах в северо-восточной части Охотского моря в 2025 г. (M — средняя длина рыб, N — количество промеров)

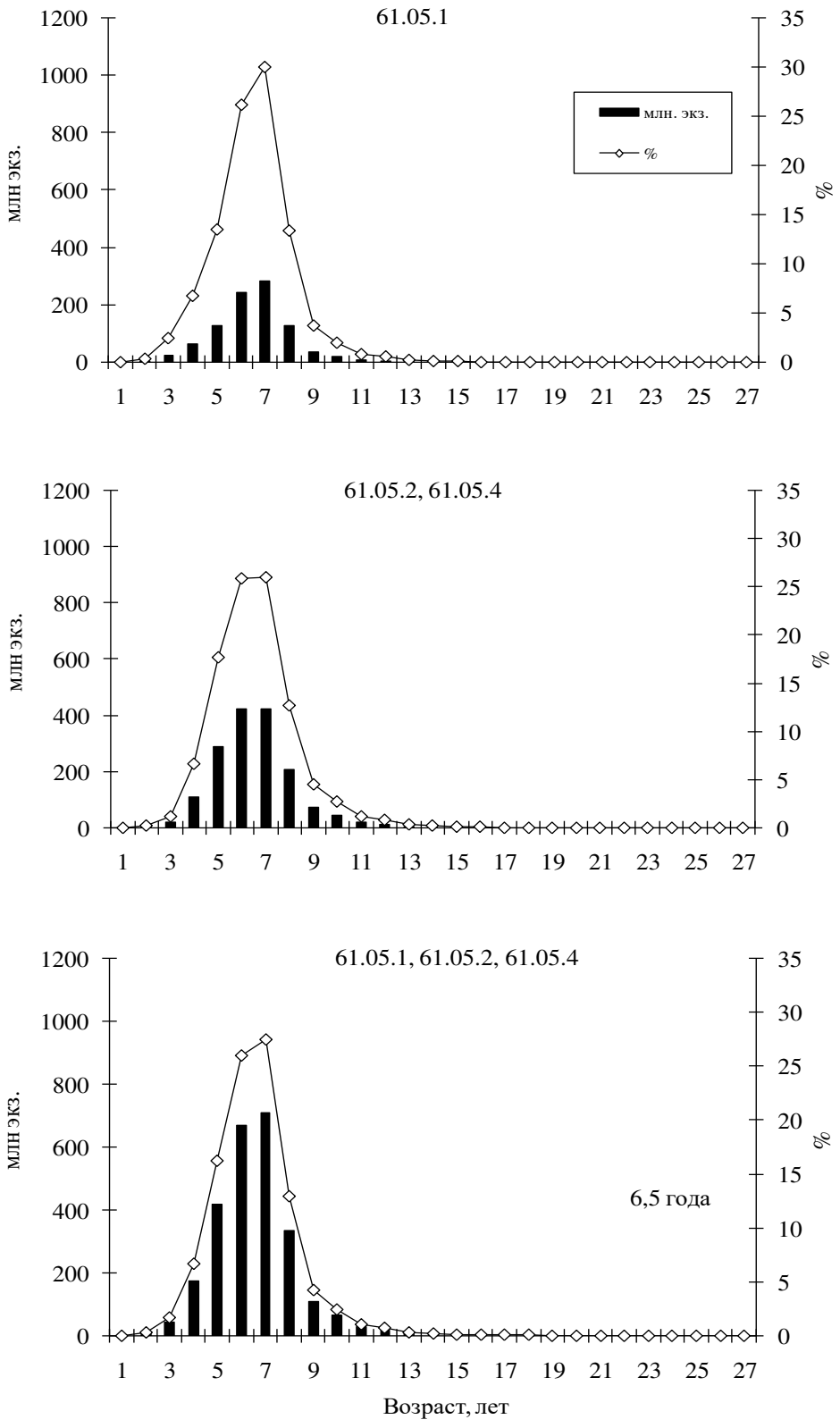


Рис. 116. Итоговый возрастной состав минтая в промысловых траловых и снюрреводных уловах в северо-восточной части Охотского моря в 2025 г.

Анализ межгодовой динамики размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах позволяет к числу урожайных с начала XXI века отнести поколения 2004–2005, 2011 гг., средних по численности — 2002,

2006, 2013–2014, 2018 гг., неурожайных — 2001, 2003, 2007–2010, 2012, 2015–2020 гг. (рис. 117–118).

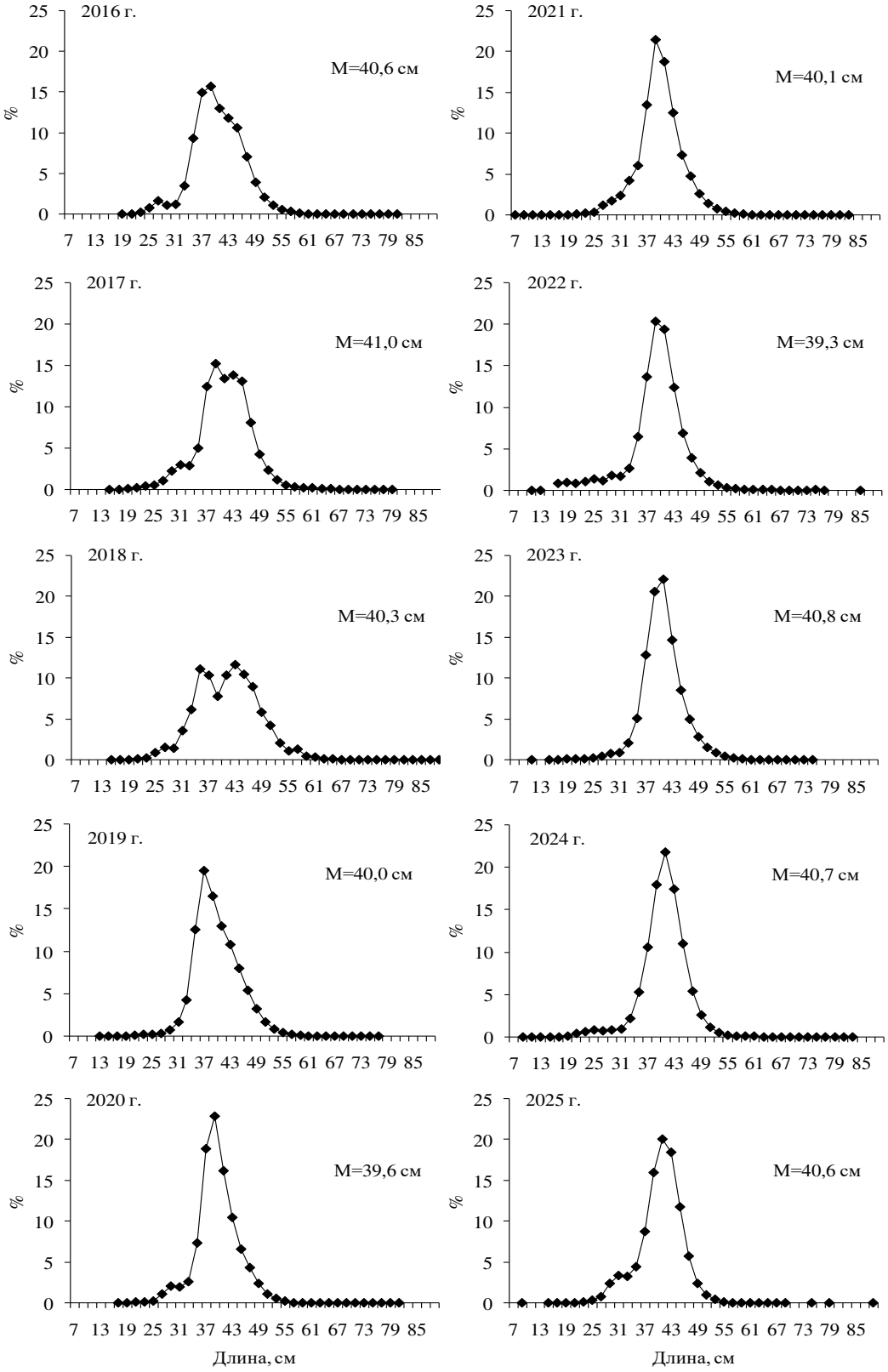


Рис. 117. Межгодовая динамика размерного состава минтая в промысловых уловах в северо-восточной части Охотского моря (указана средняя длина), %

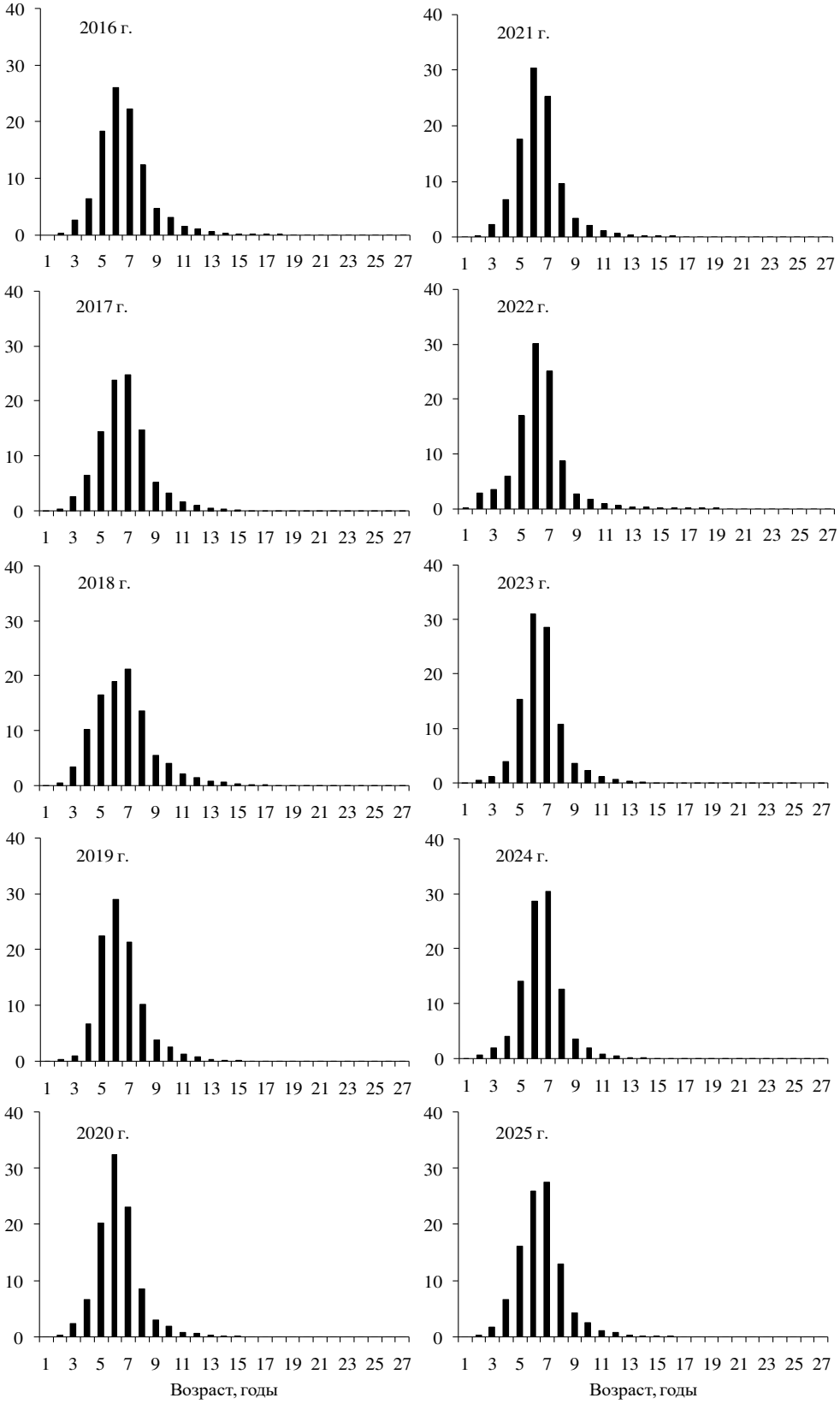


Рис. 118. Межгодовая динамика возрастного состава минтая в промысловых уловах в северо-восточной части Охотского моря, %

Поколение 2021 г. по данным учетных траловых съемок в северо-восточной части Охотского моря в весенний период отнесено к категории

урожайных, по промысловым данным оно, скорее, является средним по численности.

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла североохотоморского минтая отметим следующее:

1. В 2025 г. общий запас по ихтиопланктонному методу несколько снизился, а по траловому и акустическому — увеличился.

2. В 2025 г. нерестовый запас и по ихтиопланктонному, и по траловому методу снизился.

3. По модельным оценкам нерестовый запас в 2024–2025 гг. стабилизировался, общий запас плавно снижается с 2023 г. Тем не менее, ресурсы североохотоморского минтая продолжают находиться на высоком уровне, выше целевого ориентира по биомассе.

4. В 2025 г. освоение ОДУ составило 95,9%.

5. В 2025 г. зарегистрировано максимальное за рассматриваемый период значение стандартизированного улова на усилие, что косвенно свидетельствует о благополучном состоянии запасов.

6. По модельным оценкам, после урожайного поколения 2021 г. в пополнении 1 среднее по численности поколение 2022 г. и 1 неурожайное 2023 г. Это может свидетельствовать в пользу снижения ресурсов в ближайшие годы.

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве были определены в 2023 г. в обосновании ОДУ североохотоморского минтая на 2025 г. по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (табл. 26). Остались они неизменными и в настоящем обосновании.

Таблица 26

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров североохотоморского минтая

Показатель	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
F_{msy}(Рикер), 1/год	0,345	**0,358**	0,389	**0,412**	0,442	0,478	0,490	0,415	0,038
F_{msy}(Бивертон-Холт), 1/год	0,256	0,281	0,332	0,376	0,418	0,536	0,571	0,383	0,079
$F_{40\%}$, 1/год	0,300	0,307	0,328	0,348	0,369	0,403	0,417	0,350	0,030
$F_{35\%}$, 1/год	0,363	0,372	0,397	0,423	0,451	0,497	0,516	0,427	0,039
$F_{0.1}$, 1/год	0,330	0,345	0,401	0,438	0,464	0,503	0,515	0,432	0,047
F_{med}, 1/год	0,308	0,320	0,361	0,389	0,412	0,451	0,461	0,387	0,040
B_{loss}, тыс. т	988,7	1058,6	1278,9	1508,1	1731,2	2052,4	**2126,2**	1512,6	301,7
$SSB(F_{med})$, тыс. т	3757,9	3905,1	4636,8	5210,9	6150,2	7995,4	8766,6	5507,9	1310,5

Из числа указанных ориентиров в качестве целевого ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали 5%-ый процентиль оценки F_{MSY} (значение промысловой смертности, соответствующее максимуму кривой равновесного улова). Различие в оценках целевого ориентира по промысловой смертности от когортной модели в пространстве состояний и использовавшейся ранее модели «Синтез» не должно вызывать вопросов. Среднее значение

коэффициентов промысловой смертности для возрастных групп 7–12 лет при изъятии на уровне целевого ориентира для модели «Синтез» составляло 0,235 год$^{-1}$, для когортной модели в пространстве состояний — 0,234 год$^{-1}$.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{MSY} (значение промысловой смертности, соответствующее максимуму кривой равновесного улова). Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе приняли значение, соответствующее целевому ориентиру B_{tr} = SSB(F_{tr})=5,330 млн т на кривой равновесной биомассы на рекрута при средней за последние 5 лет величине пополнения (рис. 119). Граничный ориентир по нерестовой биомассе определили на уровне B_{loss} с учетом неопределенности (97,5%-ый процентиль): B_{lim} = 2,126 млн т.

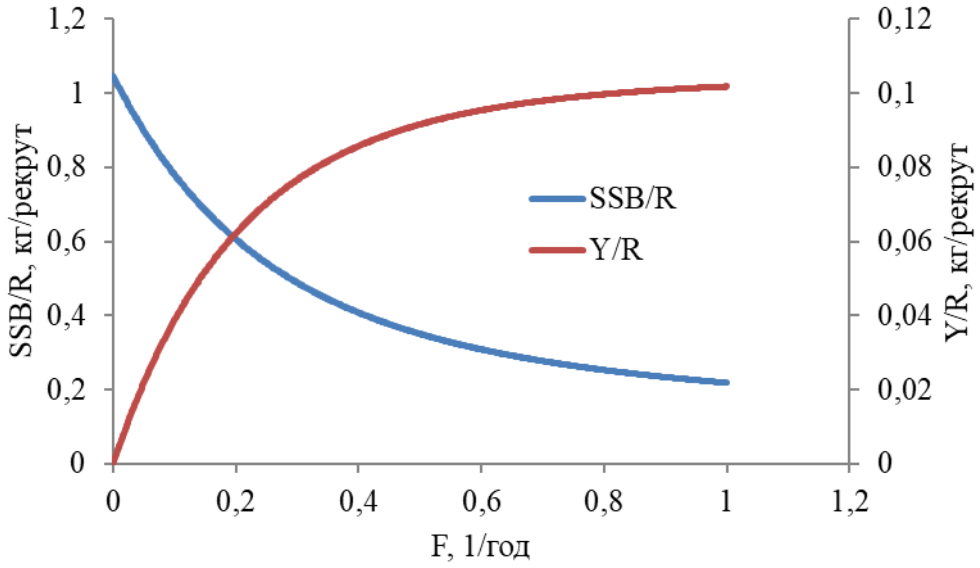


Рис. 119. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП североохотоморского минтая, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности, соответствующей B_{tr}, и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью, равной F_{tr}. Схема ПРП представлена на рисунке 120.

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{reci} = F_{tr} (B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim})$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{reci} = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$.

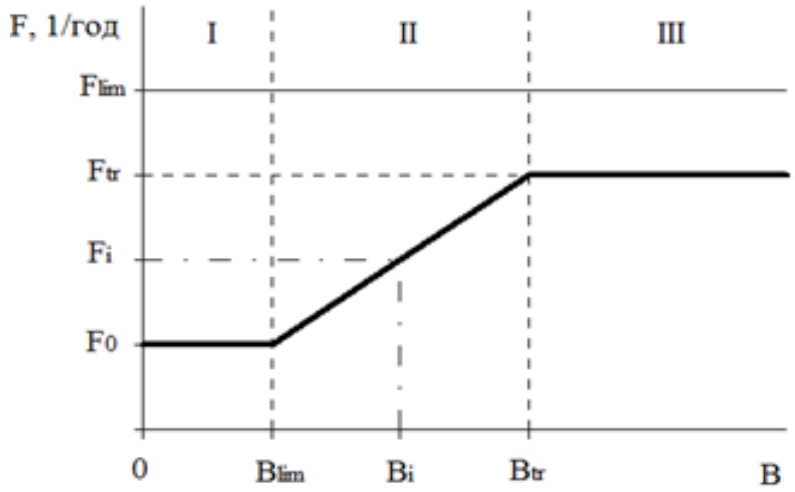


Рис. 120. Схема правила регулирования промысла

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса и величины ОДУ североохотоморского минтая на 2027 г. На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций (n=1000) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует ОДУ, равному 1012,2 тыс. т. Коэффициенты селективности — средние за последние 5 лет значения (рис. 105). В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 5 лет численность двухгодовиков, равную 10,747 млрд экз.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы, по результатам вероятностного прогноза, представлены в таблице 27.

Таблица 27

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) североохотоморского минтая в 2025–2026 гг.

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
SSB(2026), млн т	5,239	6,075	6,702	7,305	8,160	6,710	0,904
SSB(2027), млн т	4,980	5,910	6,600	7,331	8,456	6,673	1,057
C(2027), млн т	0,881	1,118	1,236	1,383	1,626	1,252	0,229

Согласно вероятностному прогнозу, на начало 2026 г. медианная оценка нерестового запаса составит 6,702 млн т, а на начало 2027 г. — 6,600 млн т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2026–2027 гг. ниже граничного ориентира по биомассе составила 0%. Вероятность снижения нерестовой биомассы в 2027 г. ниже целевого ориентира по биомассе оценивается в 8,2%.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Оценка нерестовой биомассы на начало 2027 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 120). Согласно ПРП, рекомендуемое значение коэффициента промысловой смертности в 2027 г. составит 0,358 год$^{-1}$.

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом: $ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$ [Бабаян, 2000], где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно расчетам, оценка рекомендованного объёма ОДУ в 2027 г. может составить 1205,6 тыс. т, что на 193,4 тыс. т выше ОДУ в 2026 г., несмотря на снижение запаса в 2027 г. по сравнению с 2026 г. Связано это, во-первых, с тем, что с учетом новых данных, полученных в 2025 г., оценки запаса в 2025–2027 гг. оказались выше, чем прогнозировалось в 2024 г. Во-вторых, в 2024 г. сочли целесообразным в качестве ОДУ на 2026 г. принять не расчетную величину, равную 1150,0 тыс. т, а нижнюю границу 25%-ного доверительного интервала, т.е. 1012,2 тыс. т.

Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки возможного вылова показал, что она приемлема. Тем не менее, принимая во внимание низкие оценки пополнения в терминальный и смежный с ним годы (рис. 103), полагаем целесообразным ОДУ на 2027 г. оставить на уровне 2026 г., т.е. 1012,2 тыс. т.

ОДУ минтая в 2027 г. составит**: в Северо-Охотоморской подзоне — 364,400 тыс. т, в Западно-Камчатской — 364,400 тыс. т**, **в Камчатско-Курильской — 283,400 тыс. т**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 121). При

интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α = 0,1–0,2 [Бабаян, 2000]. Следовательно, стратегия управления приемлема.

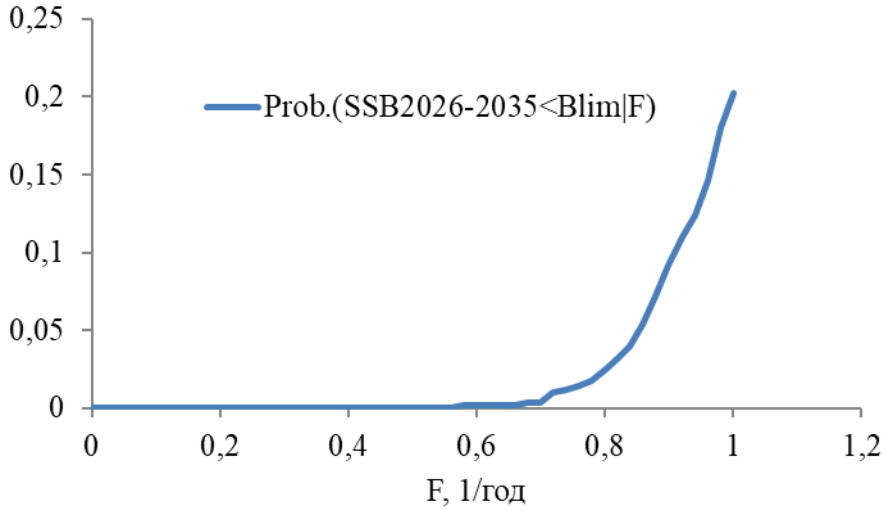


Рис. 121. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

В рамках анализа рисков нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению и перелова по росту при величине возможного вылова минтая в северной части Охотского моря, равной 1205,6 тыс. т, не превышают рекомендованного уровня α=0,2 [Бабаян, 2000] (рис. 122).

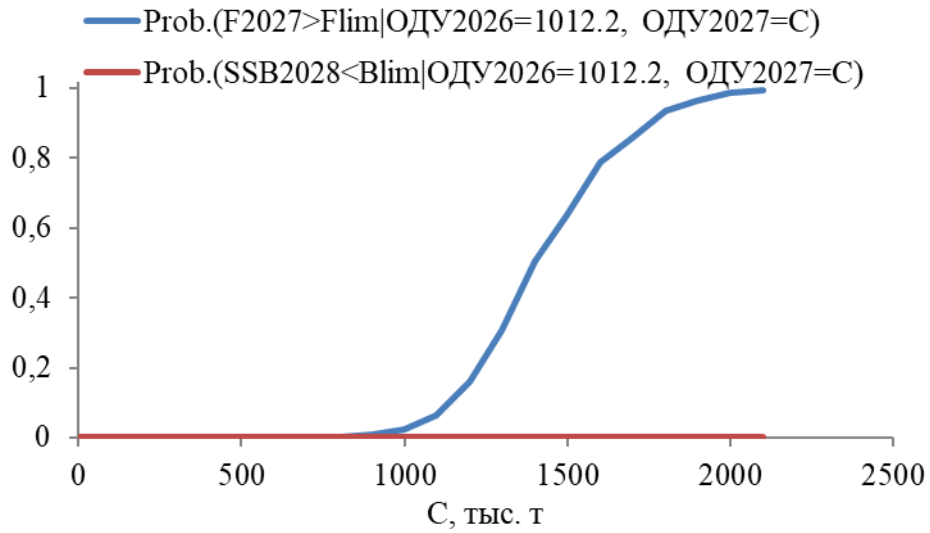


Рис. 122. Риски наступления неблагоприятных последствий для североохотоморского минтая в зависимости от величины вылова в 2027 г.

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 123, при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствие выбросов запас минтая в северо-восточной части Охотского моря с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований для отказа от предлагаемой стратегии управления.

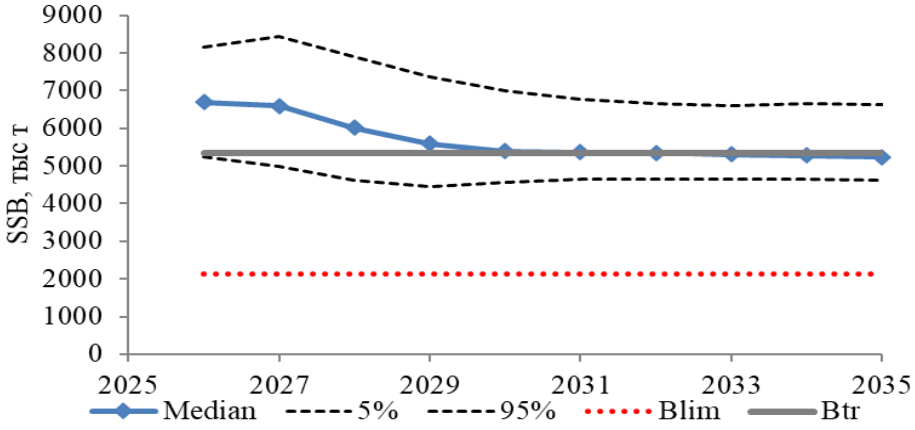


Рис. 123. Динамика биомассы нерестового запаса североохотоморского минтая при рекомендованной согласно ПРП интенсивности изъятия

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 124.

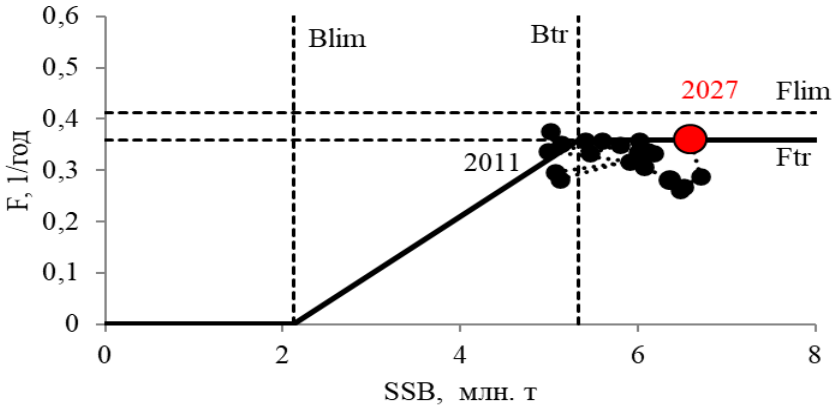


Рис. 124. Реализация правила регулирования промысла североохотоморского минтая в 2011–2030 гг.

Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки возможного вылова показал, что она приемлема. Тем не менее, принимая во внимание

низкие оценки пополнения в терминальный и смежный с ним годы (рис. 103), полагаем целесообразным ОДУ на 2027 г. оставить на уровне 2026 г., т.е. 1012,2 тыс. т.

С 2011 г. соотношение ОДУ по подзонам остается неизменным и составляет 36:36:28%, соответственно, в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах. Предлагается установить такое же соотношение ОДУ по подзонам и в 2027 г.

В этом случае, **ОДУ минтая в 2027 г.** составит**: в Северо-Охотоморской подзоне — 364,400 тыс. т, в Западно-Камчатской — 364,400 тыс. т**, **в Камчатско-Курильской — 283,400 тыс. т**.

Учитывая положительный опыт объединения Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон в 2010–2025 гг., предлагаем распространить эту практику и на сезон 2027 г. Таким образом, **допустимо перераспределение объёмов общего допустимого улова минтая между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарной величины общего допустимого улова минтая**.

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона

Исполнители: Е.А. Летунова, Ким Сен Ток («СахНИРО»), В.В. Кулик («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки состояния запасов и величины допустимого вылова минтая были использованы данные годового вылова и уловов на усилие для судов крупнотоннажного флота, информация учетных съемок – траловых и ихтиопланктонных, многолетние данные по размерно-возрастному составу промысловых и научно-исследовательских уловов.

Статистика промысла 2003–2025 гг. заимствована из базы ОСМ Росрыболовства, за предыдущий период – из архивных источников «СахНИРО».

Структуру скоплений рыб проанализировали, используя результаты их массовых промеров и биологических анализов. Всего в период наблюдений 1976–2025 гг. количество промеров рыб превысило 460 тыс. экз.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка величины нерестового запаса в 2007–2012, 2014, 2015, 2017–2025 гг. выполнена методом прямого учета по результатам ихтиопланктонных съемок и контрольных тралений на НИС «Дмитрий Песков» и НИС «Владимир Сафонов». Для расчетов использовали методику по оценке интенсивности нереста и численности производителей минтая в Охотском море, разработанную в «ТИНРО». В сравнительном плане использованы данные запаса в 2000–2021 гг., полученные методом прямого

учета на основе информации траловых съемок НИС «Профессор Кагановский» и «Дм. Песков».

Выбор прямых учетных методов оценки запасов обусловлен особенностями биологии размножения минтая, имеющего пелагическую икру. Методы хорошо разработаны, а учетные ихтиопланктонные и траловые съемки широко применяются при исследованиях по всему дальневосточному региону [Шунтов и др., 1993].

Для оценки численности выметанной икры использовали программу «Surfer», метод «Kriging». При этом применяли следующие параметры: сеточный файл с шагом 0,02 широтного градуса; максимальное количество соседних точек для интерполяции – 10, минимальное – 3; максимальный и минимальный радиусы поиска (R_2 и R_1) – 3,44. Рассчитывали положительный объем, равный разности между поверхностью, построенной пакетом, и нулевым значением плотности. Численность оценивали, как произведение полученного положительного объема на масштабный коэффициент, равный 60*60*cos α, где: 60 – количество миль в одном градусе широты, cos α – косинус географической широты района исследований (среднее значение), составлявший в нашем случае 2244,25.

Возрастной состав уловов минтая Восточно-Сахалинской подзоны доступен с 2000 г. Общая продолжительность ряда позволяет применить когортные модели, среди которых ФГБНУ «ВНИРО» рекомендует для оценки запаса и состояния минтая использовать модель ППП «Синтез» [Методические рекомендации…, 2018, Рекомендации по методикам, 2020]. Однако с тех пор разработана более совершенная статистическая когортная модель (СКМ) в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother – UKS) [Ильин, 2022]. В 2023-2024 гг. этот новый подход (СКМ с UKS) прошёл общественные обсуждения и государственную экологическую экспертизу в материалах ОДУ на 2025-2026 гг. для Восточно-Сахалинской подзоны. Результаты СКМ с UKS прошли аудит сертификации промысла минтая по стандартам морского попечительского совета (MSC) практически во всех подзонах, где применялась эта новая модель, включая Восточно-Сахалинскую подзону. Обоснованием выбора метода служило то, что СКМ с UKS учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить ППП «Синтез» в точности оценивания состояния запаса минтая по критерию накопленной среднеквадратической ошибки [Ильин, 2022]. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2025]. Среди достоинств СКМ с UKS находится отсутствие необходимости задавать априори диапазоны лет с различной селективностью, т.к. в СКМ с UKS она гладко варьирует по годам. Дополнительно в UKS оценивается мгновенный коэффициент естественной смертности – МКЕС (M).

Таким образом, решено использовать СКМ с UKS вместо более сложной (по числу параметров) модели «Синтез» в связи с меньшим числом требуемых допущений об M и селективности при доказанной более высокой

точности оценивания состояния запаса минтая в UKS в синтетических испытаниях [Ильин, 2022].

Исходя из требований приказа Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, информационная обеспеченность обоснования прогноза ОДУ по минтаю Восточно-Сахалинской подзоны соответствует I уровню.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние промысла. Промышленный лов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне был впервые организован в 1976 г., когда в результате масштабного промысла с участием большого количества плавбаз и добывающих судов СССР и Японии годовой вылов сразу достиг рекордной величины – более 200 тыс. т (рис. 125).

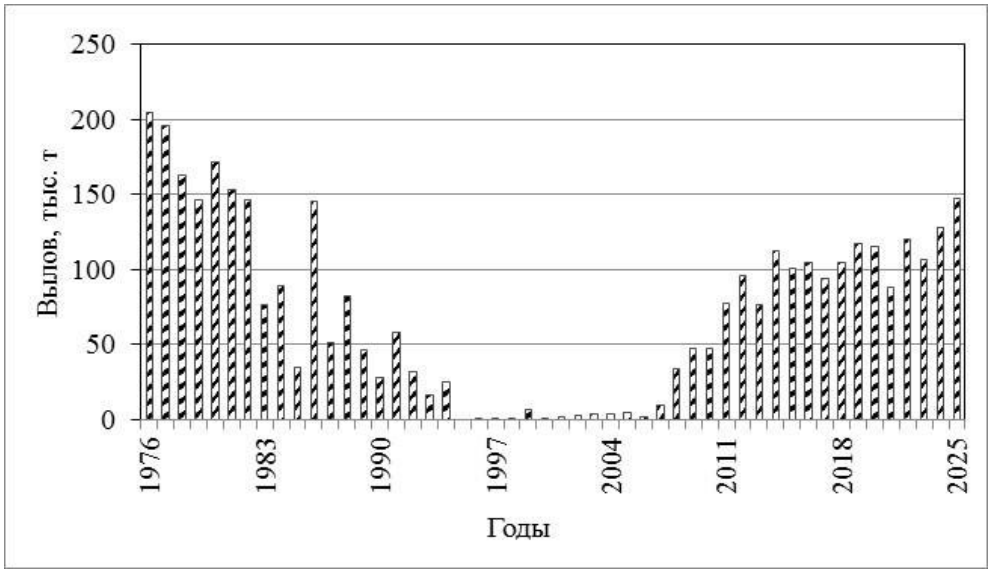


Рис. 125. Многолетняя динамика вылова минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 1976–2025 гг.

В дальнейшем годовые уловы стали неуклонно снижаться. В середине 1990-х гг. промысел фактически прекратился, и в небольших объемах осуществлялся лишь контрольный лов по научным квотам. С 1999 г. промышленный лов вновь возобновился, но только в 2007 г. вылов достиг примерно 9,8 тыс. т. С 2007 по 2022 гг. наблюдался, в целом, рост объема вылова минтая в Восточно-Сахалинской подзоне (табл. 28). В 2021–2024 гг. годовой вылов изменялся в пределах 88,4–128,3 тыс. т. В 2025 г. было выловлено 147,1 тыс. т – 98,1% от ОДУ. Сроки добычи минтая в рассматриваемом районе не оставались неизменными в разные периоды лет. В 1970–1980-е гг. промысел у северо-восточного Сахалина производился с июня по декабрь, т.е. в нагульный период для рыб. До 1989 г. промысел в этом районе осуществляли как российские (преимущественно), так и иностранные суда. Российский рыбодобывающий флот был представлен среднетоннажными (типа СРТМ, СРТР), и крупнотоннажными (типа БМРТ) судами. Среднетоннажный флот использовал донные тралы,

крупнотоннажный – разноглубинные тралы. С октября по декабрь, т.е. в период частых штормов, лов в районе проводили лов только крупнотоннажные суда.

Таблица 28

Показатели промыслового освоения запасов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 2003–2025 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	ОДУ, %
2003	5,0	4,2	84,0
2004	5,0	4,2	84,0
2005	8,0	5,3	66,3
2006	5,0	4,9	98,0
2007	15,0	9,8	65,3
2008	39,0	34,2	87,7
2009	48,4	47,1	97,3
2010	48,4	47,3	97,7
2011	82,0	78,3	95,5
2012	97,0	95,5	98,5
2013	80,0	79,7	99,6
2014	115,0	112,8	98,1
2015	103,0	101,4	98,4
2016	107,0	105,1	98,2
2017	104,0	93,7	90,1
2018	107,2	104,7	97,7
2019	126,0	117,2	93,0
2020	125,0	115,7	92,6
2021	126,1	88,4	70,1
2022	122,7	120,0	97,8
2023	109,6	106,8	97,4
2024	130,3	128,3	98,5
2025	150,0	147,1	98,1

В настоящее время промысел минтая в Восточно-Сахалинской подзоне выполняют только российские рыбодобывающие компании. В промысле участвуют, в основном, суда двух категорий: крупные (типа БМРТ, РТМКС, БАТМ) и средние (СРТМ, СТР) (табл. 29).

Таблица 29

Количество рыбодобывающих судов на промысле минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в марте–мае 2015–2025 гг.

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
КТФ	35	32	30	29	43	38	36	44	29	22	33
СТФ	16	15	12	10	15	7	10	13	19	5	17
Всего	51	47	42	39	58	45	46	57	48	27	50

Лов минтая проводится почти круглый год, прерываясь на период устойчивого формирования ледового покрова (февраль-март) и период

интенсивного размножения рыб (июнь-июль). В 2025 г. основное изъятие минтая было осуществлено в апреле-мае, в июль-октябре и в январе (рис. 126).

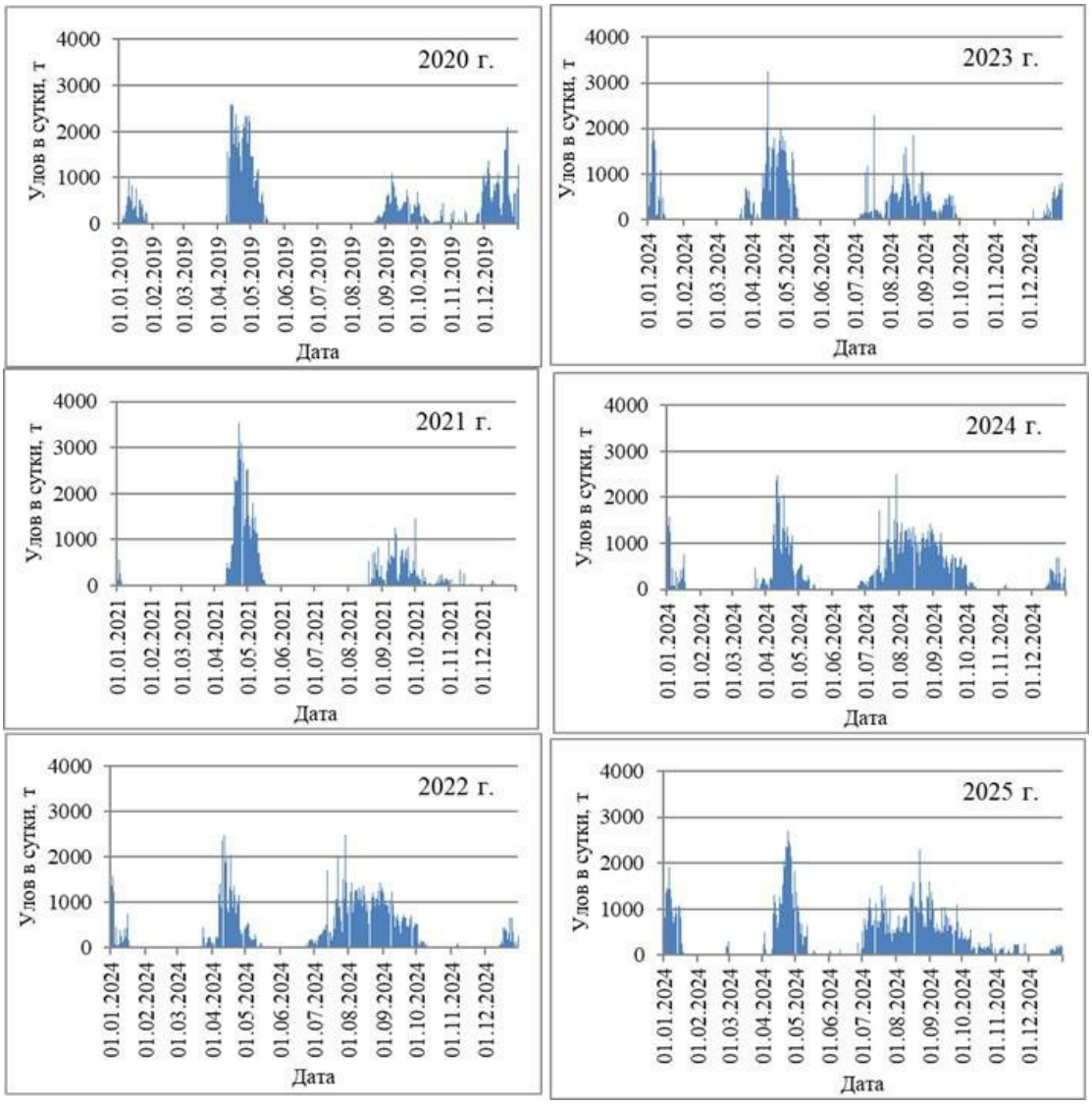


Рис. 126. Внутригодовая суточная динамика уловов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 2020–2025 гг.

В последнее десятилетие, наряду с увеличением общего вылова, улучшились и промысловые показатели. В 2007 г. наибольшие суточные уловы достигали 600 т, в 2009 г. значения выросли до 800 т, в 2012–2019 гг. – до 1160–2600 т. В 2021-2023 гг. наибольший суточный улов находился в пределах 3170-3536 т. В 2024-2025 гг. суточный улов достиг уровня 2491-2690 т (рис. 126).

В 2006–2015 гг. наблюдался рост уловов на усилие (судосутки) для среднетоннажных судов типа СРТМ, вооруженных разноглубинными тралами, затем началось его снижение, продолжавшееся до 2020 г. (рис. 127). В 2022 гг. средний улов вновь увеличился, достигнув максимальных значений за наблюденный период — 77,1 т. В 2023-2025 гг. средний улов

несколько уменьшился, находясь в пределах 62,4-74,3 т. Средний улов на усилие для крупнотоннажных судов типа БМРТ, вооруженных разноглубинными тралами, в период с 2004 по 2007 гг. увеличивался с 54 до 102 т, а в 2008–2013 гг. снизился до 77 т. В 2018–2024 гг. данный показатель вновь нарастал до 108,7 т. В 2025 г средний улов составил 104,7 т.

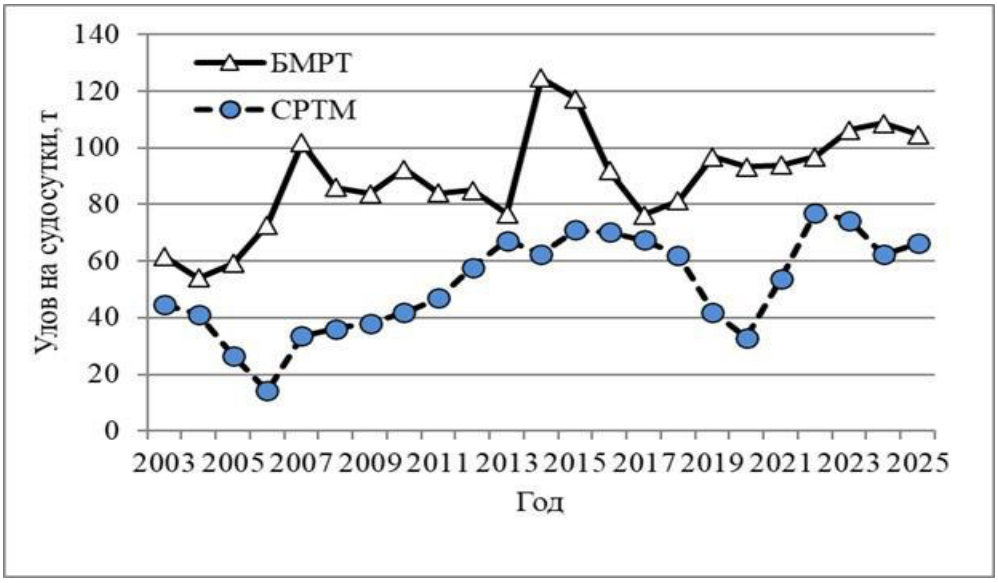


Рис. 127. Динамика вылова минтая одним судном за судосутки лова в Восточно-Сахалинской подзоне в 2003–2025 гг., для судов типа БМРТ (КТФ) и СРТМ (СТФ), вооруженных разноглубинными тралами

Состояние запаса. Многолетние наблюдения показали, что в нерестовый и нагульный периоды соотношение основных размерных групп минтая в уловах может значительно меняться. В 2014–2019 гг. основу уловов, преимущественно, составляли рыбы длиной 37–55 см, которые доминировали в половозрелой части стада. Постоянно в оба сезона года отмечалась относительно высокая доля молоди.

В нерестовый период 2020 г. в размерном составе рыб в траловых уловах НИС доминировали особи длиной 20–37 и 40–51 см, причем на долю рыб непромыслового размера (10–37 см по АС) приходилось 51,1% численности (рис. 128). В уловах минтай был представлен особями в возрасте 1-18 лет. Доминировали рыбы 2–7 лет (85%) (рис. 129). В промысловых уловах преобладали 5–7-летки (74% от общей численности) Средний возраст рыб соответствовал 4,6–6,0 годам, молодь, практически, отсутствовала.

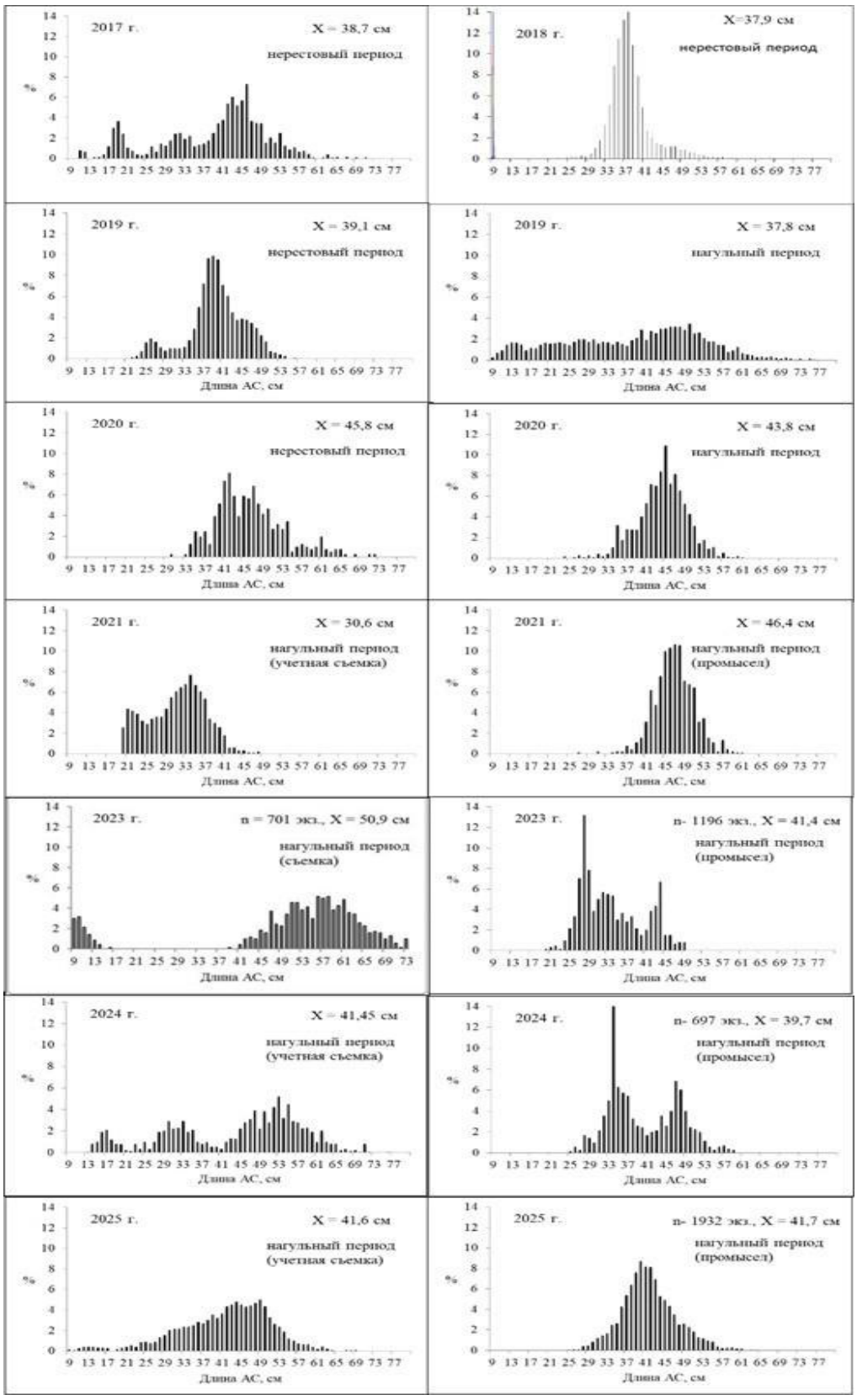


Рис. 128. Размерный состав минтая в траловых уловах в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и нагульный периоды 2017–2025 гг.

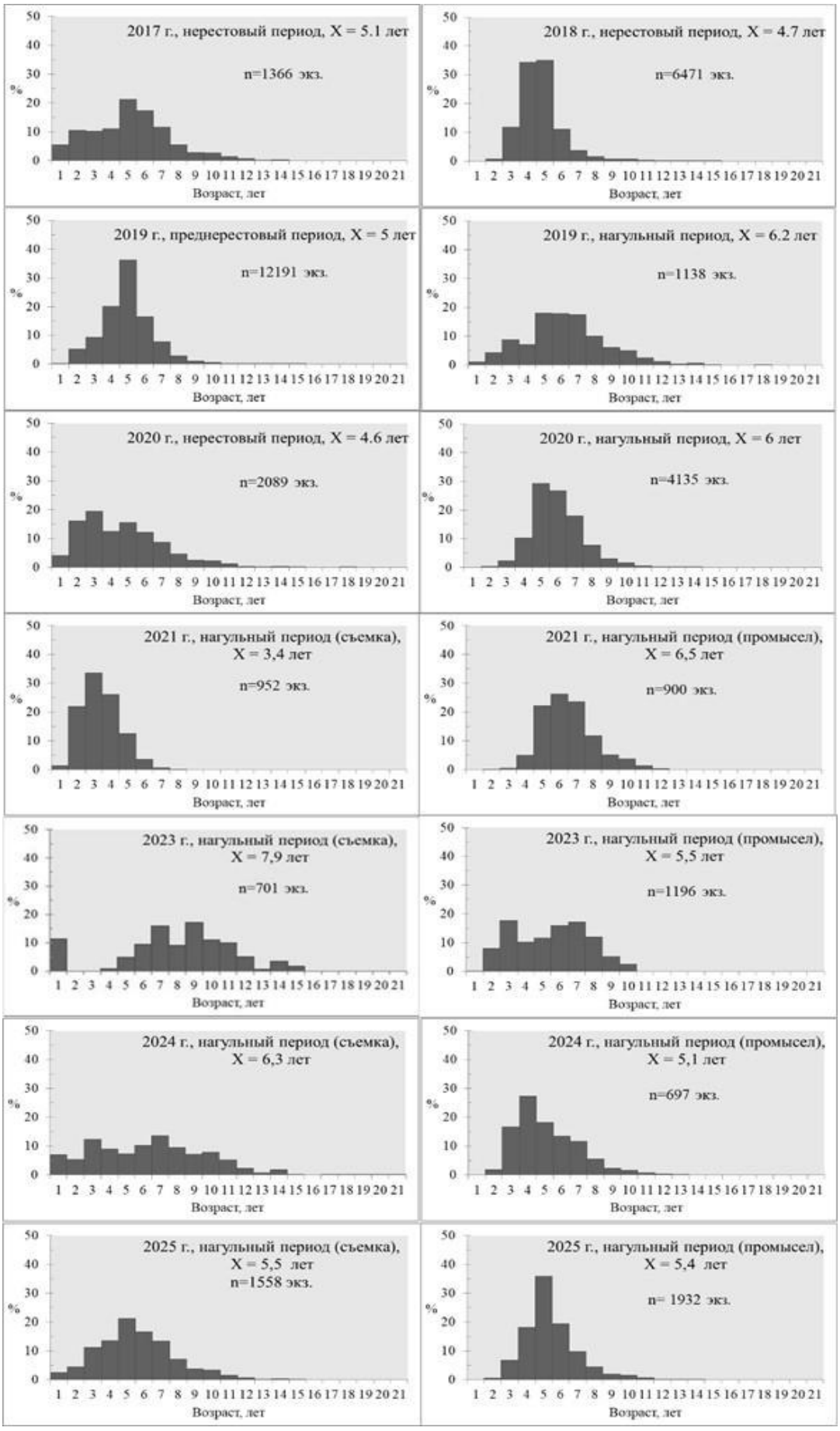


Рис. 129. Распределение минтая по возрастным группам в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и нагульный периоды 2017–2025 гг.

В октябре–ноябре 2021 г. в уловах НИС доминировали рыбы в возрасте 2–5 лет (94,2%). В промысловых уловах преобладали 5–8-летки (83,9%). Средний возраст рыб составил 3,4 и 6,5 лет соответственно. В 2023 г. в ходе учетной съемки НИС в зал. Анива в уловах были отмечены в повышенных концентрациях сеголетки, но доминировали, в основном, рыбы 7-11-летнего возраста. В промысловых уловах в Восточно-Сахалинской подзоне оказались многочисленными рыбы 2-5 летнего возраста, которые отсутствовали на юге исследований. В 2019–2025 гг. высокочисленного пополнения в научно-исследовательских уловах не отмечалось, но значимая доля сеголеток по численности наблюдалась в уловах 2023 и 2024 гг., что может быть связано с повышенной урожайностью поколений 2022–2023 гг. рождения.

С конца 2000-х до 2010-х гг., в период высокой численности минтая в районе, основу промыслового запаса составляли половозрелые особи. Вместе с тем, в запасе наблюдалась тенденция омоложения, средние размерно-возрастные показатели снижались. Полагаем, что в 2014–2025 гг. структура запаса в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и нагульный периоды находилась в относительно стабильном состоянии.

Результаты ихтиопланктонных съемок у северо-восточных берегов Сахалина, выполненных на НИС «Дмитрий Песков», свидетельствуют о том, что нерестовый запас минтая в последние десятилетия (2011–2025 гг.), превышает среднемноголетний уровень. Учтенная численность икры в пелагиали была выше, чем в 2000-х гг. (рис. 130). Высокая интенсивность нереста была выявлена в 2014, 2018, 2020 и 2023 гг., когда было отмечено наибольшее количество учтенной икры с начала нынешнего века. В 2025 г. численность икры составила $1{,}85*10^{13}$ шт, что превышает все наблюденные показатели с 2000 г.

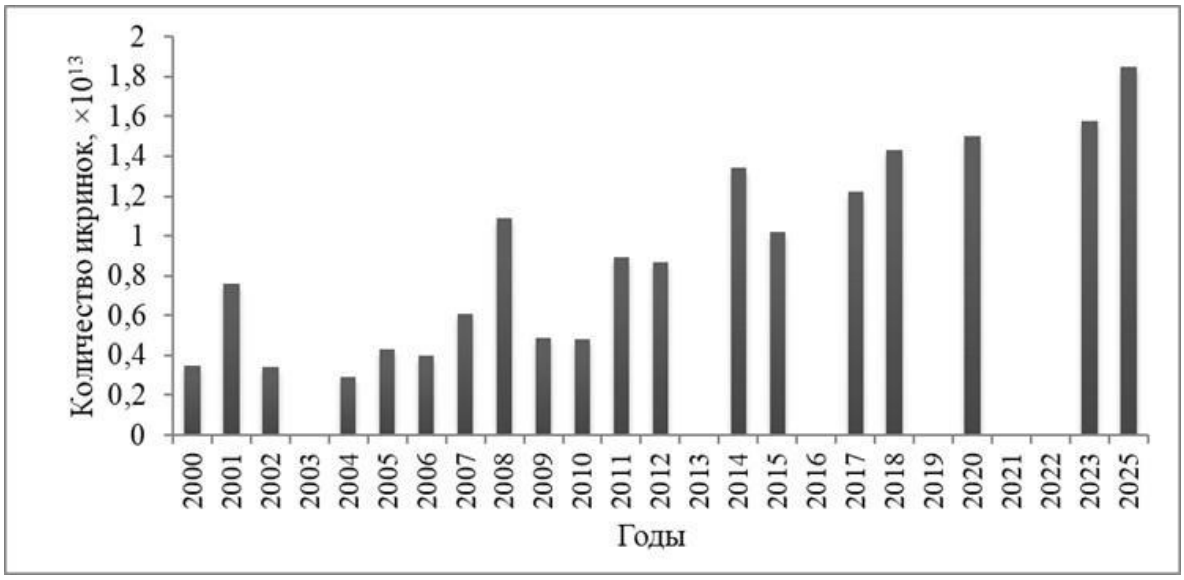


Рис. 130. Численность икры минтая по данным ихтиопланктонных съемок у северо-восточного Сахалина в 2000–2025 гг. (съемки не выполнялись в 2003, 2013, 2016, 2019, 2021, 2022, 2024 гг.)

Оценка количества запаса. Методы прямого учета (траловые и ихтиопланктонные съемки). В конце 1970-х – начале 1980-х гг. биомасса нерестового минтая на северо-восточном шельфе оценивалась на уровне 130 тыс. т, а у юго-восточного Сахалина – 120 тыс. т. В летний период сезонный запас у восточного побережья острова значительно возрастал за счет миграции рыбы из северной и южной частей моря, достигая на северо-востоке 500 тыс. т, а у юго-восточного Сахалина – до 300 тыс. т. В конце 1980-х–середине 1990-х гг. численность минтая у восточного Сахалина упала. Согласно результатам донных траловых съемок, выполненных в 2001–2002 гг., общая биомасса вида у северо-восточного побережья острова не превышала 30 тыс. т.

В последующие несколько лет численность минтая в этом районе увеличилась, причем, как в нагульный, так и в нерестовый сезоны. Так, по данным учетной съемки в августе 2003 г. на НИС «Дмитрий Песков», биомасса нагуливающихся рыб у северо-восточного Сахалина, составила 290 тыс. т. По результатам контрольного лова на промысловых судах (СРТМ «Мыс Меньшикова» и БМРТ «Мыс Крылова»), в сентябре-ноябре того же года биомасса только оконтуренных скоплений составляла в среднем 120 тыс. т. Траловая съемка, проведенная в сентябре–октябре 2004 г., позволила оценить биомассу минтая на уровне 150,7 тыс. т. Близкую оценку биомассы позволили получить работы, проведенные в октябре 2004 г. на БМРТ «Лангуста» 147,0 тыс. т. По данным донной траловой съемки на НИС «Профессор Пробатов», в октябре 2005 г. биомасса составила 306,0 тыс. т, в сентябре–октябре 2006 г. (НИС «Дмитрий Песков») – 355,0 тыс. т, в октябре 2007 г. – 190,8 тыс. т, в августе 2010 и 2012 гг. – 680,7 и 418,8 тыс. т, соответственно.

Результаты учетной ихтиопланктонной съемки на НИС «Профессор Кагановский» в июне 2005 г., показали, что численность половозрелого минтая в Восточно-Сахалинской подзоне составила 352,1 млн шт., биомасса – 223,7 тыс. т. С учетом неполовозрелых рыб общая биомасса вида между 49° и 56° с.ш. составила, по расчетам, 275,8 тыс. т.

По данным ихтиопланктонных съемок 2007–2010 гг. общая биомасса минтая в Восточно-Сахалинской подзоне, с учетом неполовозрелых рыб, изменялась в пределах 360–511 тыс. т, а биомасса нерестовой части стада – от 234 до 463 тыс. т. Повышенный уровень запасов сохранялся и в 2012 г. По результатам расчетов биомасса половозрелых рыб составила в этом году 606,6 тыс. т, численность – 946,3 млн экз. Общая величина биомассы вида в районе, полученная ихтиопланктонным способом, равнялась 641,4 тыс. т.

Высокая нерестовая биомасса минтая в Восточно-Сахалинской подзоне была выявлена весной 2014–2015 гг., когда по данным прямого учета ихтиопланктона она составила в 2014 г. 461,6 тыс. т, в 2015 г. – 397,3 тыс. т. По данным траловой съемки общая и нерестовая биомасса в мае 2015 г. составила 738 и 632,0 тыс. т, соответственно.

В 2017 г. запасы вида, рассчитанные разными методами, продемонстрировали некоторое снижение. Общая биомасса в мае, по данным

траловой съемки, составила 417 тыс. т, по результатам акустической съемки – 699 тыс. т, при использовании ихтиопланктонного метода – 373 тыс. т. По результатам учетной ихтиопланктонной съемки, нерестовая биомасса в июне составила 136 тыс. т, общая биомасса – 153 тыс. т.

По результатам учетной ихтиопланктонной съемки, выполненной в июне 2018 г. на НИС «Дмитрий Песков», нерестовая биомасса составила 556 тыс. т, промысловая биомасса – около 570 тыс. т. В мае–июне 2020 г. биомасса половозрелых особей не превысила величины 216,4 тыс. т, при общей биомассе равной 332,0 тыс. т. В октябре-ноябре 2021 г. общая биомасса составила 148,7 тыс. т, при промысловой биомассе равной 121,5 тыс. т. В ходе учетной съемки в ноябре 2023 г. только в зал. Анива на НИС «Владимир Сафонов» промысловая биомасса минтая не превысила 30,9 тыс. т. По результатам учетной ихтиопланктонной съемки НИС «Дмитрий Песков», нерестовая биомасса минтая в районе северо-восточного Сахалина в июне 2023 г. составила 856 тыс. т, а общая биомасса – 953 тыс. т. Эти крайне высокие оценки представляют собой максимальные значения ресурсов вида в 2010-2020-х гг. По результатам учетной ихтиопланктонной съемки, выполненной в июне 2025 г. на НИС «Дмитрий Песков», общая величина нерестовой биомассы минтая составила 272 тыс. т.

Метод когортного анализа. Структура и качество доступного информационного обеспечения соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104). Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ минтая в Восточно-Сахалинской подзоне с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели). В настоящем прогнозе использована статистическая когортная модель (СКМ) в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана [Ильин, 2022].

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 требует проводить ретроспективный анализ – это применение модели с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, как доказательство устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности. Цитируя «Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации, 2018]: «Ретроспективный анализ – это серия расчётов с последовательным исключением последнего года из исходных данных».

Последовательно укорачивая ряды наблюдений до 5 лет в прошлое и оценивая показатель Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999], значимых отклонений в динамике биомассы и её эксплуатации, требующих упреждающей коррекции, не обнаружено (табл. 30, рис. 131).

Таблица 30

Показатели Мона в ретроспективном анализе UKS

Модель	ρ SSB	ρ F	Терминальный год
UKS	0,055	0,026	2025
UKS	0,095	0,016	2024
UKS	0,070	0,030	2023

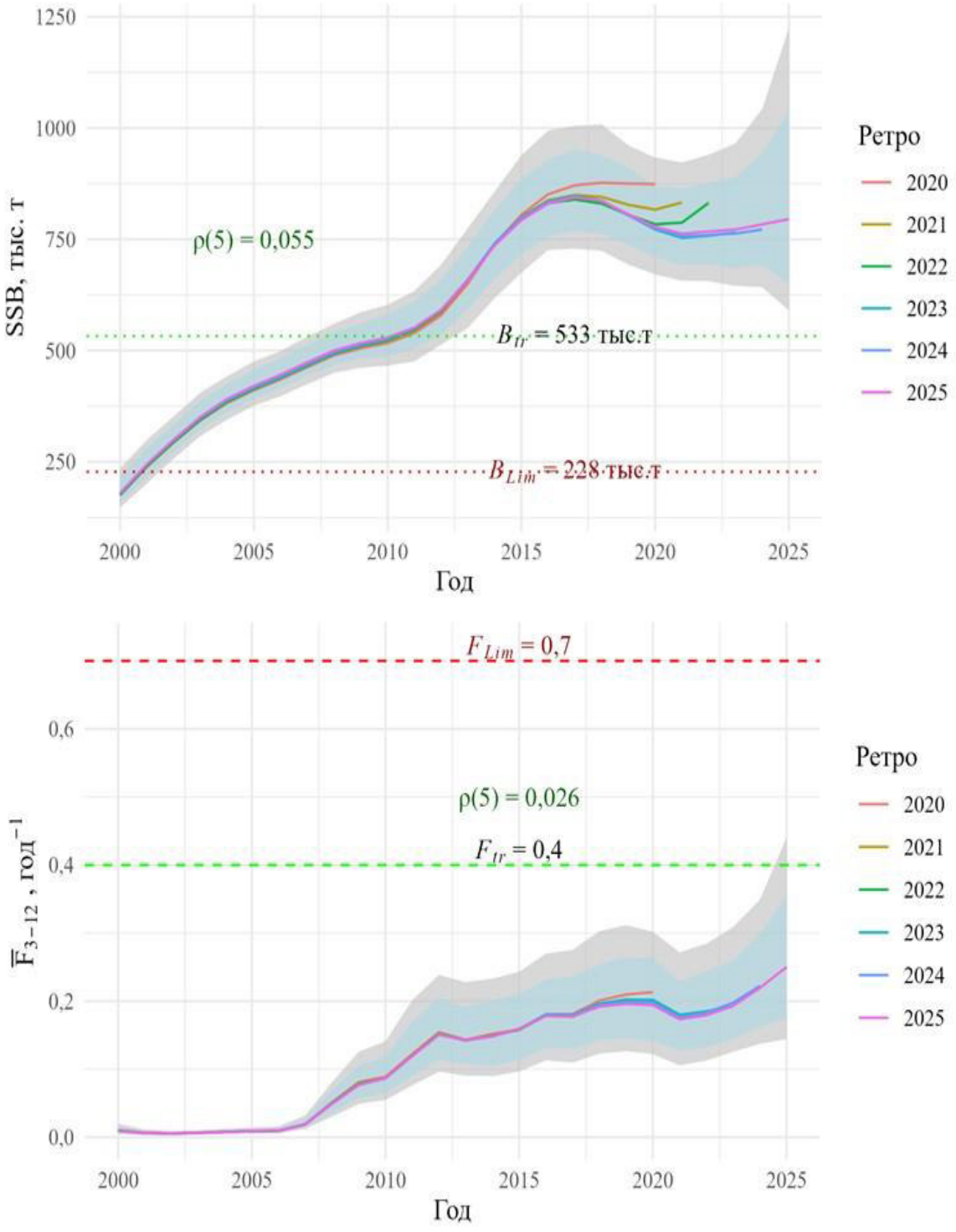


Рис. 131. Ретроспективный анализ SSB (вверху) и F (внизу) в СКМ с UKS

Определение биологических ориентиров

Несмотря на хорошую ретроспективную устойчивость текущей настройки, а также отличное схождение всех прогонов целевые ориентиры всё же требуется обновить, т. к. сильно изменился входной индекс биомассы, учитывающий аномальный рост индекса по икре в последние годы. Таким образом, целевые ориентиры выбраны заново. Сейчас они получены из статистики многомерных вероятных распределений в 1000 испытаниях Монте-Карло (табл. 31).

Таблица 31

Статистические характеристики биологических ориентиров

	Ориентир	Мин.	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Макс.	Среднее	SE
	FlimCaddy	0,34	0,39	0,40	0,44	0,47	0,51	0,56	0,58	0,74	0,48	0,05
	Fmsy.R	0,12	0,15	0,15	0,18	0,21	0,24	0,31	2,00	2,00	0,28	0,33
	Fmsy.BH	0,10	0,13	0,14	0,17	0,21	0,27	2,00	2,00	2,00	0,34	0,45
	F45.	0,19	0,24	0,25	0,28	0,31	0,34	0,39	0,41	0,63	0,31	0,05
	F40.	0,22	0,29	0,30	0,34	0,37	0,42	0,49	0,51	0,81	0,38	0,06
	F35.	0,26	0,35	0,36	0,41	0,46	0,51	0,61	0,65	1,05	0,47	0,08
F_{tr} =	**F0.1**	0,28	0,34	0,34	0,38	**0,40**	0,43	0,48	0,49	0,63	0,41	0,04
	Fmed	0,17	0,21	0,22	0,25	0,27	0,29	0,34	0,36	0,51	0,27	0,04
	Fmax	0,89	1,27	1,44	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	0,19
	Flim.Bloss	0,79	1,06	1,15	1,41	1,70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	0,31
F_{Lim} =	**Flim.B20bvir**	0,45	**0,70**	0,73	0,86	0,98	1,14	1,40	1,53	2,00	1,02	0,21
	Flim.B25bvir	0,37	0,54	0,56	0,65	0,74	0,84	1,02	1,10	1,88	0,76	0,15
	Bloss	120	148	151	170	185	201	226	235	285	186	23
B_{Lim} =	**B20.Bvir**	203	**228**	236	266	291	326	419	465	948	305	66
	B25.Bvir	253	285	295	333	364	407	523	582	1185	381	82
	Bmsy.Ricker	411	484	508	631	792	1094	5012	13027	298967	2628	13808
	Bmsy.BivHolt	57	150	200	490	697	1000	2520	3966	56435	1185	3113
	Bmed	513	561	582	648	702	784	975	1092	2192	735	147

Используя предосторожный подход, определены граничные ориентиры:

по F по нижней границе доверительного интервала (процентиль C.I. 2,5%) $F_{lim}(B_{20.bvir}) = F_{Lim} = \approx 0{,}70$ год$^{-1}$;

по SSB по нижней границе доверительного интервала (процентиль C.I. 95%) $B_{20.Bvir} = B_{Lim} \approx 228$ тыс. т;

Целевые ориентиры установили по медианам (процентиль 50 %):

по F выбрали $F_{0.1}$, который рекомендуется в ситуациях с плоской вершиной кривой устойчивого улова [Бабаян, 2000], как у нас (рис. 132). Этот ориентир аналогично F_{MSY} определяет перелов по росту, поэтому $F_{tr} \approx 0{,}40$ год$^{-1}$;

по SSB, соответствующий $F_{0.1}$ по кривым равновесных уловов (рис. 132) при среднем за последние 10 лет пополнении (1416,2 млн рыб) $B_{tr} \approx 533$ тыс. т.

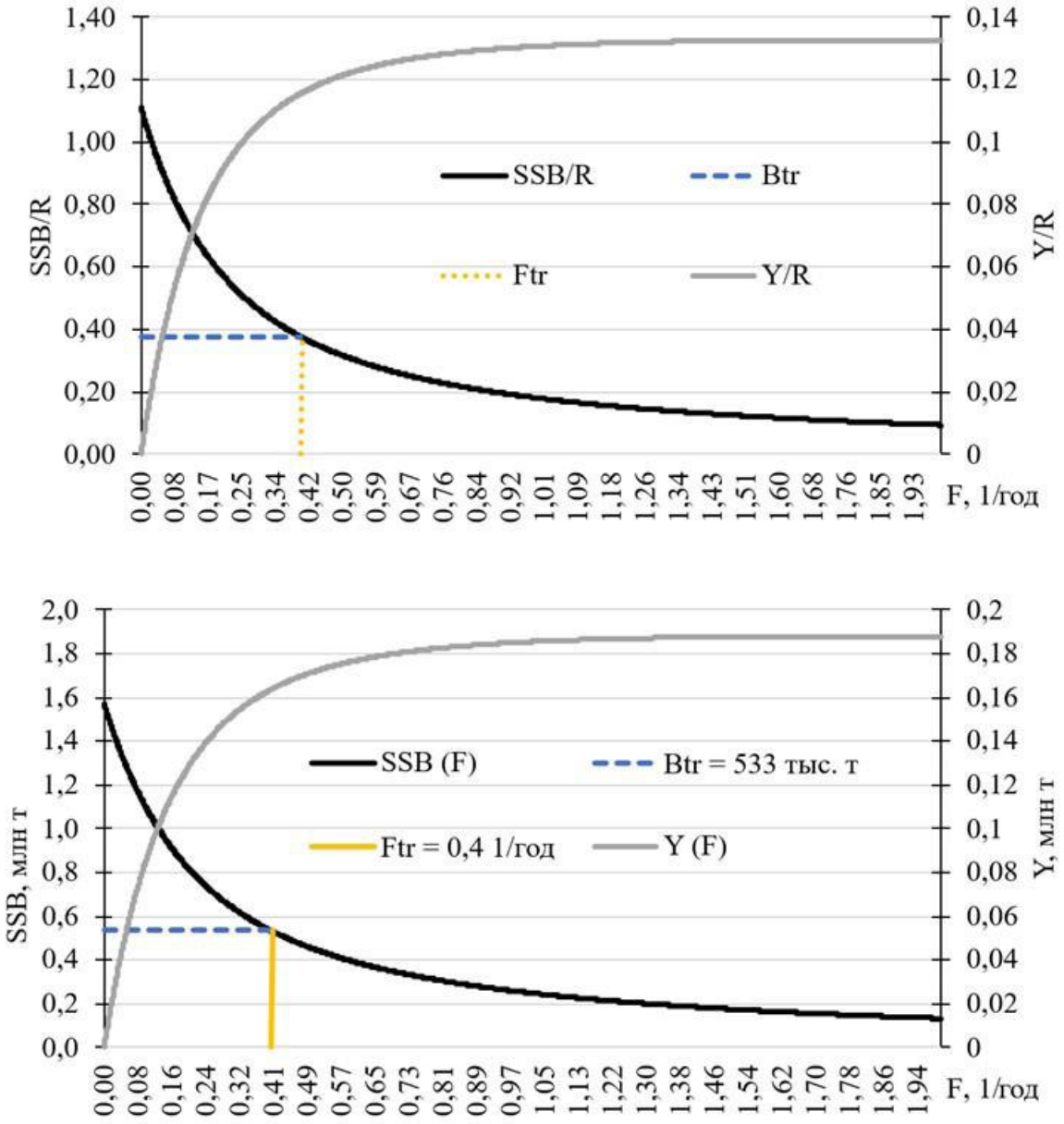


Рис. 132. Кривые равновесной SSB и равновесного улова Y, в т.ч. на рекрута R при среднем за последние 10 лет пополнении (1416,2 млн рыб)

Стоит отметить, что по медиане уже подтвердился высокий уровень пополнения в последние годы, за исключением 2025 г., каждый терминальный год оценки пополнения не имеет достаточного числа лет наблюдений, чтобы его корректно оценить, поэтому оно стремится к среднему пополнению и содержит огромнейшую неопределённость (рис. 133).

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется с

определённой целью. Здесь цель – эксплуатировать запас в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла.

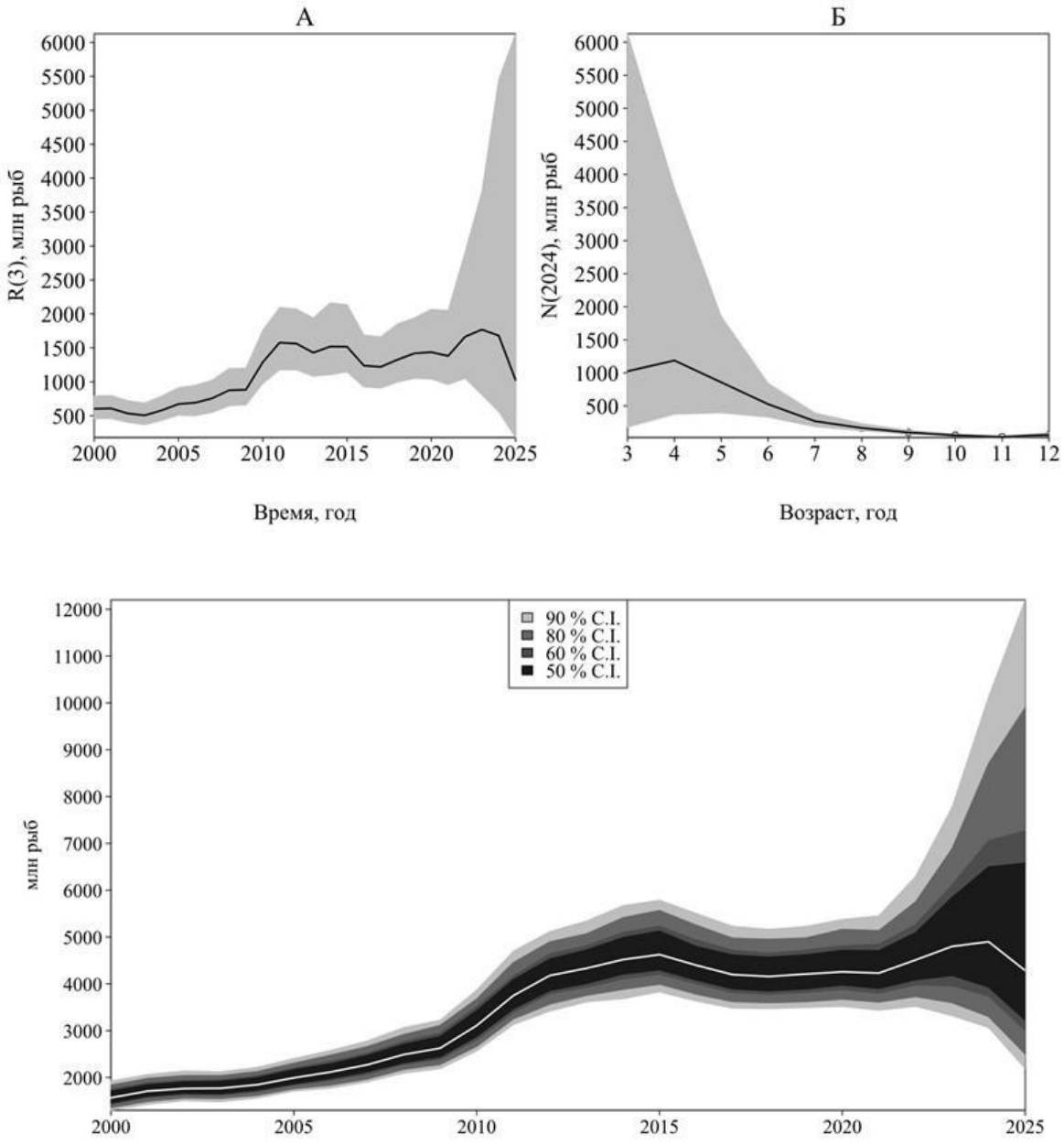


Рис. 133. Распределение с 90% доверительными интервалами, показанными здесь и далее серой заливкой (А) динамики пополнения в возрасте 3 года R(3) и численности рыб по возрастам в 2025 г. в млн особей (Б) вверху, а снизу распределение динамики общей численности по вероятным процентилям оценок (C.I.)

Предлагаем кусочно-линейное ПРП, которое будет пропорционально снижать рекомендуемую долю изъятия запаса при снижении биомассы ниже целевого ориентира. Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации…, 2018]:

$I - F_i = 0$, при $B_i < B_{Lim}$,

$II - F_i = (F_{tr} - F_0) \cdot (B_i - B_{Lim})/(B_{tr} - B_{Lim}) + F_0$, при $B_{Lim} < B_i < B_{tr}$,

III – $F_i = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$,

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина F; B_i – величина SSB в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по SSB, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по F; F_0 – рекомендуемая эксплуатация для проведения научных исследований, пока роли не играет и равна 0; B_{tr} – целевой ориентир по SSB, тыс. т.

Проверка корректности выбора F_{tr} проведена в перспективе на ближайшие 10 лет в разделе «Анализ и диагностика полученных результатов» в процессе анализа рисков, который показал, что выбранное ПРП имеет допустимый риск перелова по пополнению и по росту.

Состояние запаса в 2025 г. в данном ПРП и точечный прогноз на 10 лет вперёд показаны ниже (рис. 134). Согласно точечным оценкам, запас останется в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла, но в 2025 г. неопределённость состояния запаса и его эксплуатации велики.

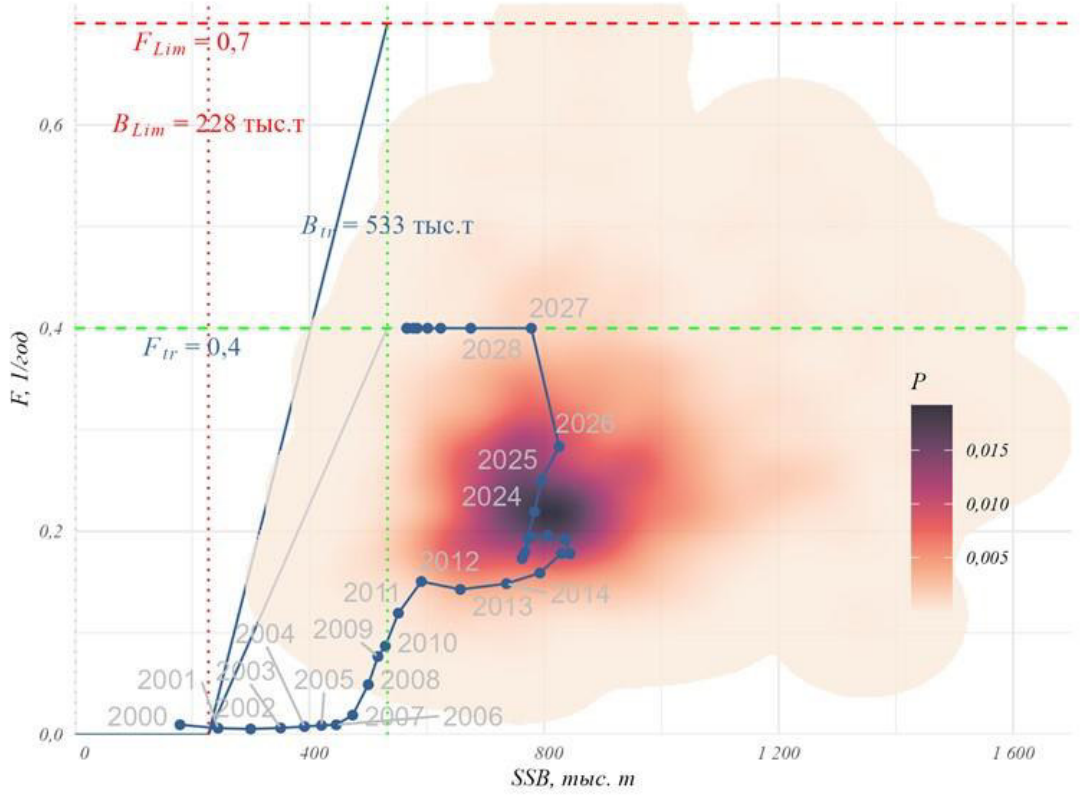


Рис. 134. Вероятное состояние запаса в 2025 г., показанное плотностью (P), и точечный прогноз SSB при вылове в 2026 г. 164 тыс. т минтая и дальнейшем следовании ПРП

Прогнозирование состояния запаса

Использование статистических распределений ключевых биологических параметров за последние 10 лет, вылова 164 тыс. т в 2026 г. и последующее применение выбранного ПРП приводит к следующей вероятной динамике SSB за 10 лет (рис. 135). Согласно данному прогнозу более 100% вероятной динамики SSB пройдёт выше граничного ориентира, а

медиана будет выше целевого ориентира с максимальным риском перелова по росту до 36%. Динамика этих вероятностей показана ниже (рис. 136).

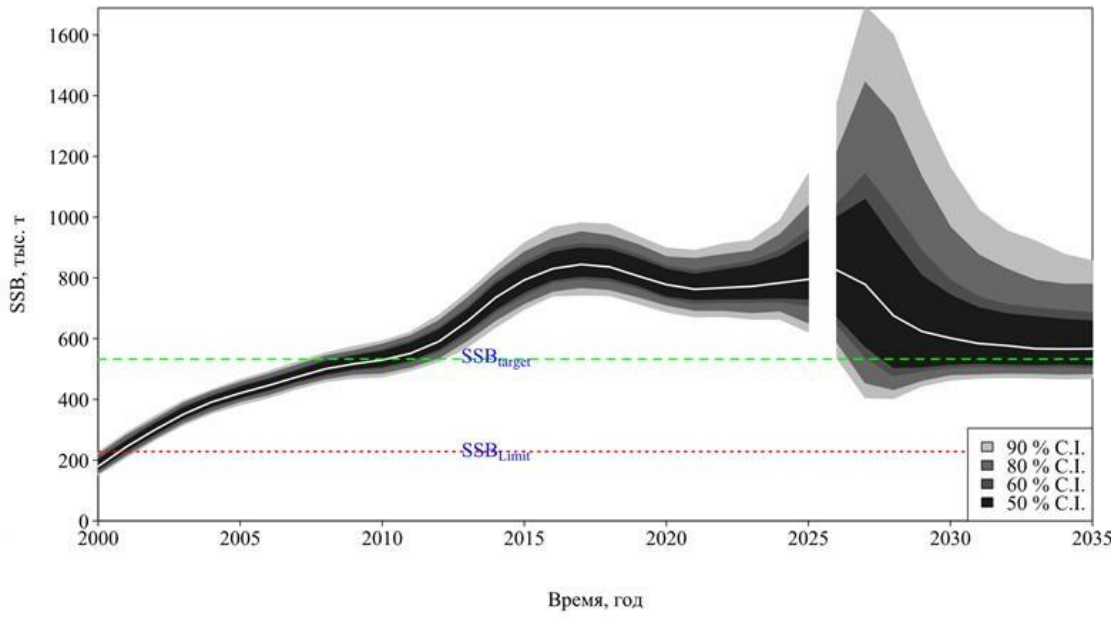


Рис. 135. Вероятное распределение SSB при вылове в 2026 г. 164 тыс. т минтая в Восточно-Сахалинской подзоне и последующей реализации ПРП

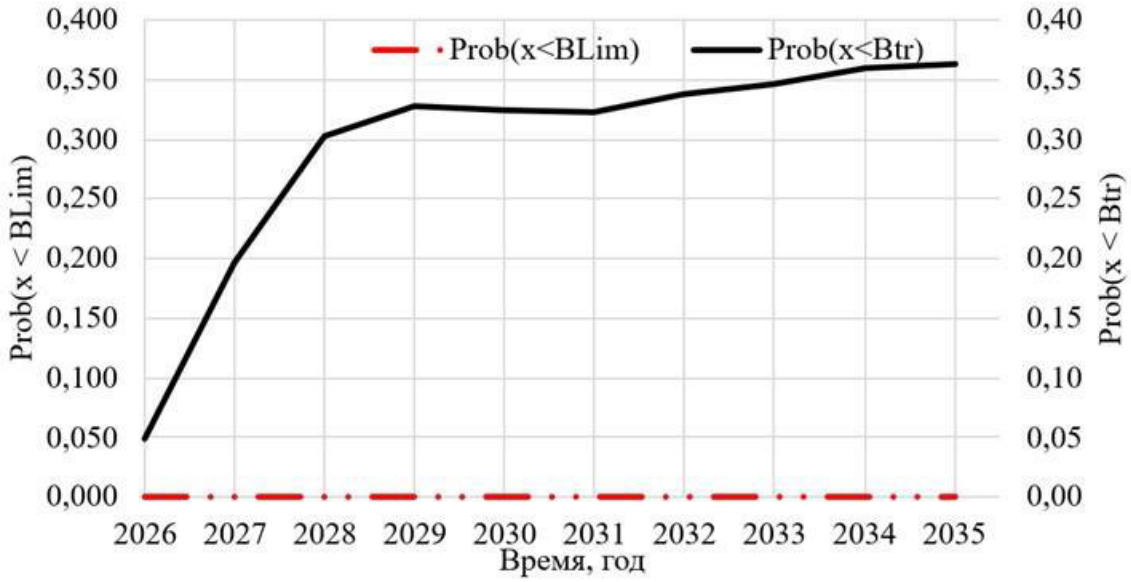


Рис. 136. Вероятные состояния SSB минтая в Восточно-Сахалинской подзоне при вылове около 150 тыс. т в 2025 г. и последующей реализации ПРП

Таким образом, в СКМ с UKS прогнозируется сохранение благоприятного состояния запаса для постоянного режима эксплуатации на целевом уровне с рисками перелова по пополнению около нуля и слабой тенденцией увеличения риска перелова по росту, вероятность которого через 10 лет будет ниже 40%.

В числовом выражении прогноз SSB показан ниже (табл. 32).

Таблица 32

Статистические характеристики прогноза SSB, тыс. т

Год	Мин.	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Макс.	Среднее	SE
2026	421	502	536	673	826	1001	1375	1604	2839	872,2	288,0
2027	280	364	406	574	778	1058	1696	2031	4940	885,1	477,4
2028	328	379	403	504	675	927	1600	1890	5694	802,9	479,0
2029	366	426	444	507	624	807	1361	1577	4639	731,1	373,6
2030	390	450	463	516	602	744	1162	1298	3676	678,8	275,1
2031	403	460	470	519	584	702	1024	1160	3108	646,0	214,8
2032	413	461	472	516	577	682	955	1054	2730	627,3	182,9
2033	414	458	470	514	567	673	922	1005	2487	616,5	167,1
2034	427	456	467	516	566	664	878	991	2353	610,0	158,6
2035	415	458	469	513	567	658	857	968	2244	605,9	150,1

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Согласно ПРП, прогноз ОДУ представлен в таблице 33. Медиана в 2027 г. находится на уровне 213,5 тыс. т при средней около 234,4 тыс. т, но ошибка средней (SE) крайне велика – 128,8 тыс. т, но уже в разы ниже оценки ОДУ на 2025 г., когда SE = 365 тыс. т.

Таблица 33

Прогноз ОДУ по ПРП

Год	Мин.	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Макс.	Среднее	SE
2026	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	164,0	0,0
2027	15,4	52,1	73,3	159,8	213,5	287,3	443,7	511,1	1208,8	234,4	128,8
2028	37,1	57,7	71,0	132,3	187,0	252,4	428,7	508,9	1390,4	211,5	131,2
2029	55,3	82,9	92,6	131,2	171,2	223,0	375,3	442,5	1257,3	195,2	106,4
2030	68,6	96,2	106,3	138,8	166,6	202,0	315,9	356,3	1024,7	182,8	78,2
2031	76,9	103,3	108,2	140,9	163,2	193,2	273,5	308,4	846,1	174,4	60,0
2032	82,5	104,0	111,1	140,3	161,8	186,7	252,8	282,5	736,1	169,5	50,9
2033	82,0	101,7	110,3	140,1	159,5	184,3	243,2	268,7	670,4	166,6	46,8
2034	85,3	100,6	110,2	140,1	159,2	182,5	236,7	259,9	632,0	165,1	44,6
2035	79,2	103,7	110,6	139,0	159,2	181,3	230,5	262,4	604,8	164,0	42,8

Итак, учитывая высокую неопределённость параметров модели, её смену на более точную (UKS), а также высокую ошибку прогнозов ОДУ, предлагаем установить **ОДУ минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 2027 г.** равным **213,500 тыс. т**, что соответствует медиане, а не средней, по ПРП с актуализированными ориентирами из более точной настройки СКМ с UKS с учётом новых данных 2025 г.

Анализ и диагностика полученных результатов

Выбранный целевой уровень эксплуатации (F_{tr} = 0,4 год$^{-1}$) имеет нулевые риски перелова по пополнению, но высокий риск перелова по росту

через 10 лет (рис. 137), что связано с ростом ошибки от изначально крайне высокой неопределённости терминальной численности младших возрастных групп до 6 лет (рис. 133). Предлагаемый ОДУ в 2027 г. не имеет высоких рисков наступления неблагоприятных последствий через год и в год промысла (рис. 138).

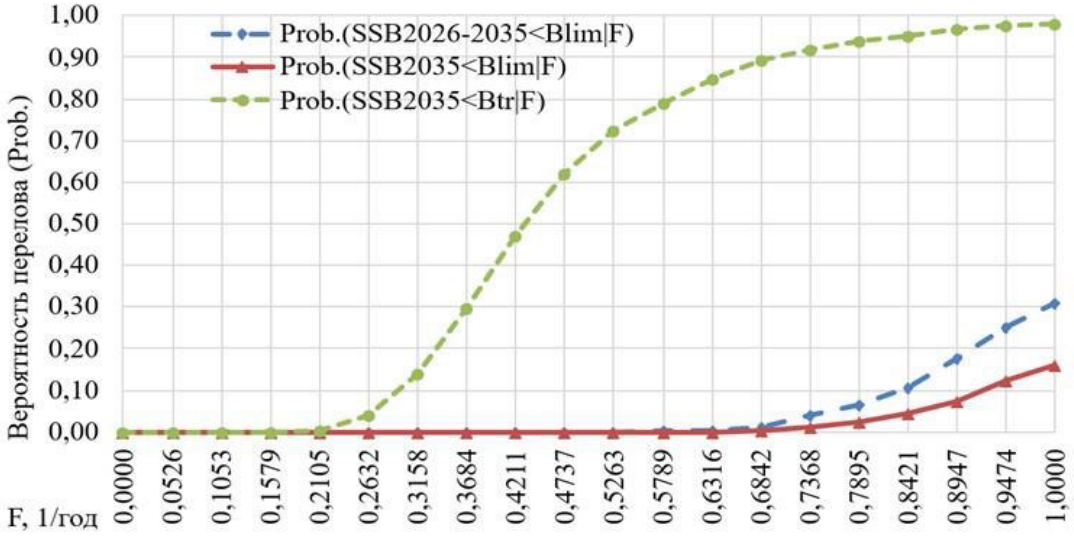


Рис. 137. Вероятности переловов за 10 лет применения ПРП

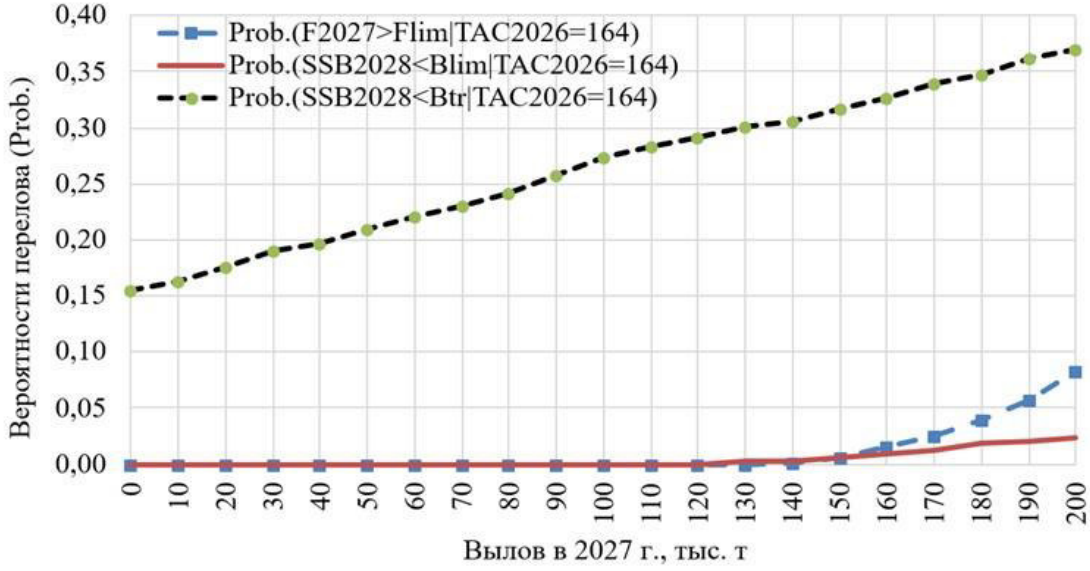


Рис. 138. Вероятности переловов в 2027 г. и превышения граничного ориентира F_{lim} в 2027 г. при различном ОДУ в 2027 г. после вылова в 2026 г. 164 тыс. т

Индекс нерестового запаса по икре не так хорошо укладывается в моделируемую динамику SSB, которая не имеет такого резкого взлёта в последние годы. В отличие от индекса SSB индекс промыслового запаса (FSB), из GLM после REMA, незначительно отклонялся от моделируемой динамики запаса (рис. 139).

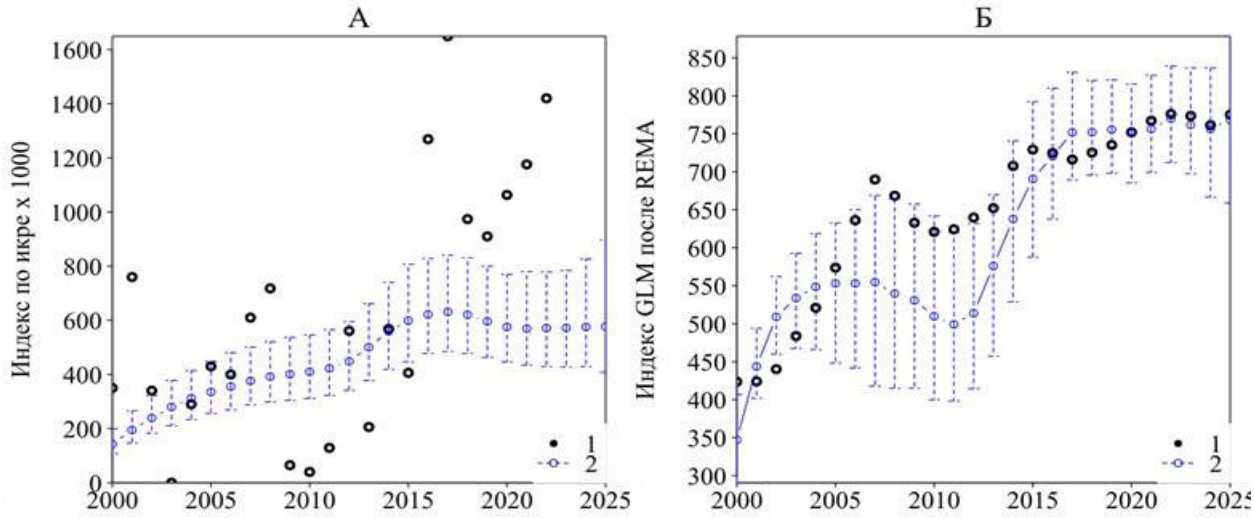


Рис. 139. Динамика запасов в масштабе их индексов: А – SSB, Б – FSB, 1 – значения индексов, 2 – их модельные распределения с 90% доверительными интервалами, показанными усами

Таким образом, независимая от промысла информация (индекс по икре из научной съёмки) даёт рост нерестового запаса значительно выше, чем ожидается в UKS, особенно в последние годы (рис. 140).

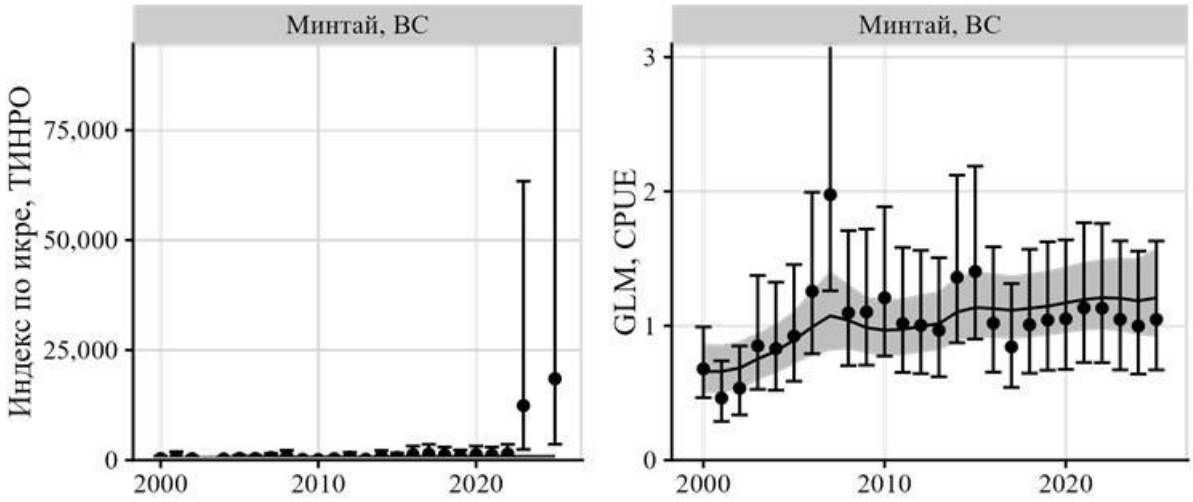


Рис. 140. Динамика индексов запасов: слева – SSB (по икре×1000), справа – уязвимой биомассы с коррекцией в REMA (черная линия с доверительным интервалом, показанным серой заливкой)

Именно эта информация приводит к высокой неопределённости параметров модели, т.к. по возрастному составу уловов такой ярко выраженной тенденции в ошибках нет, хотя сами ошибки в год начала наблюдений и в пополнении достигают весьма внушительных величин (рис. 141, 142). В остальном данная настройка схожа с прошлогодней (рис. 143-147).

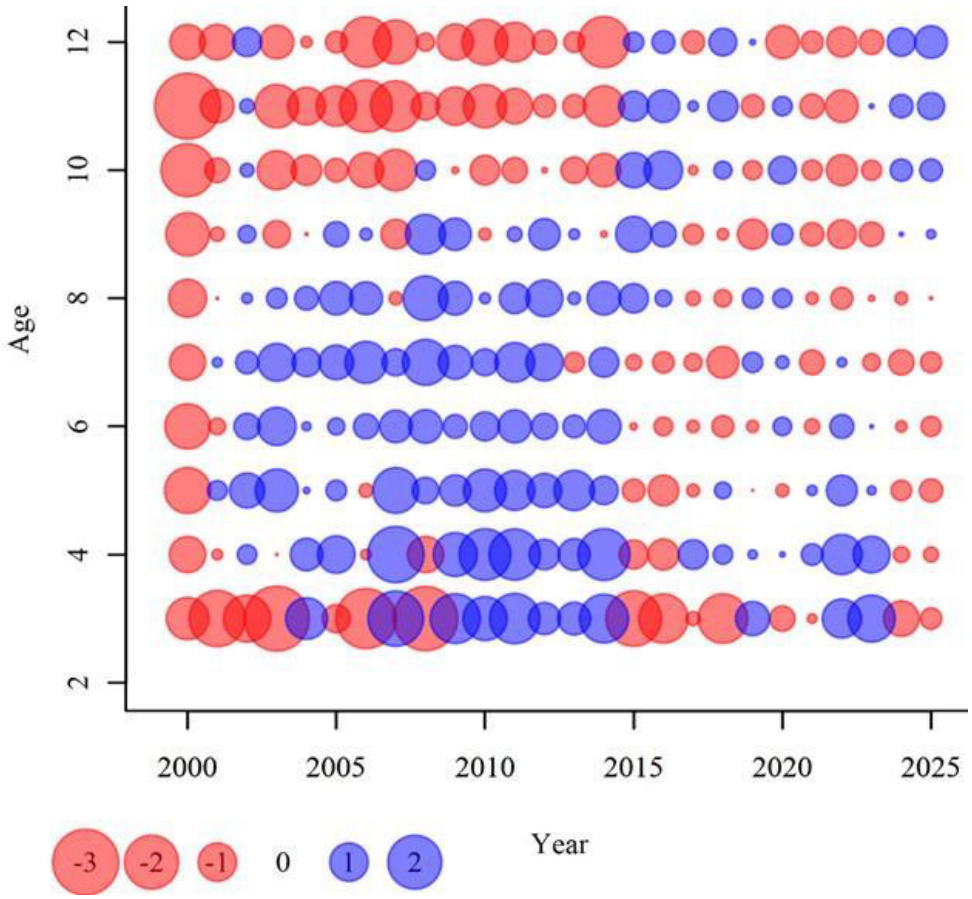


Рис. 141. Отклонения в лог масштабе численности рыб в уловах от модельных значений по годам (Year) и возрастам (Age)

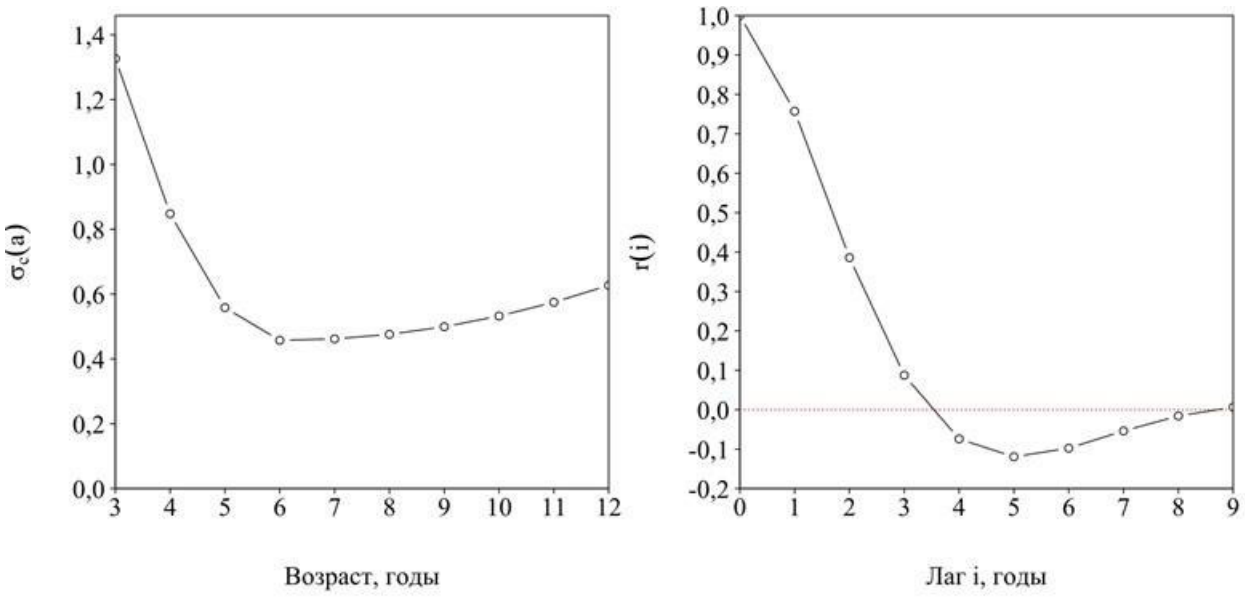


Рис. 142. Изменение стандартного отклонения ошибки наблюдения в уловах в зависимости от возраста рыб (слева) и корреляционная структура AR2 (справа)

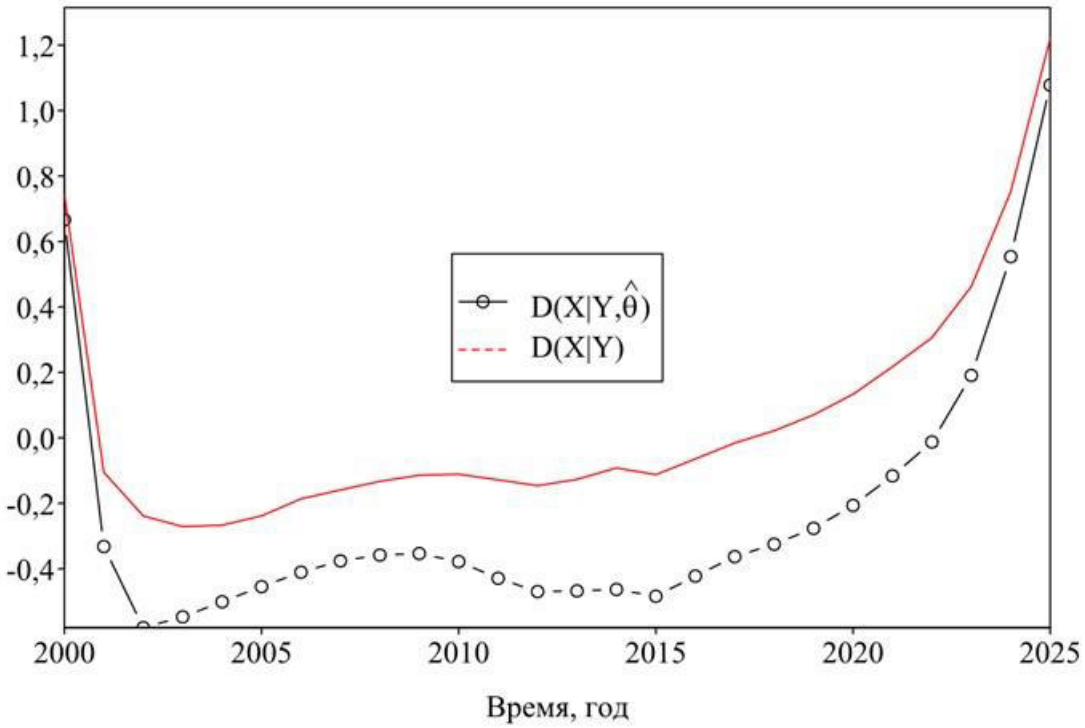


Рис. 143. Следы ковариационных матриц в текущей настройке по обновлённым данным до 2025 г.

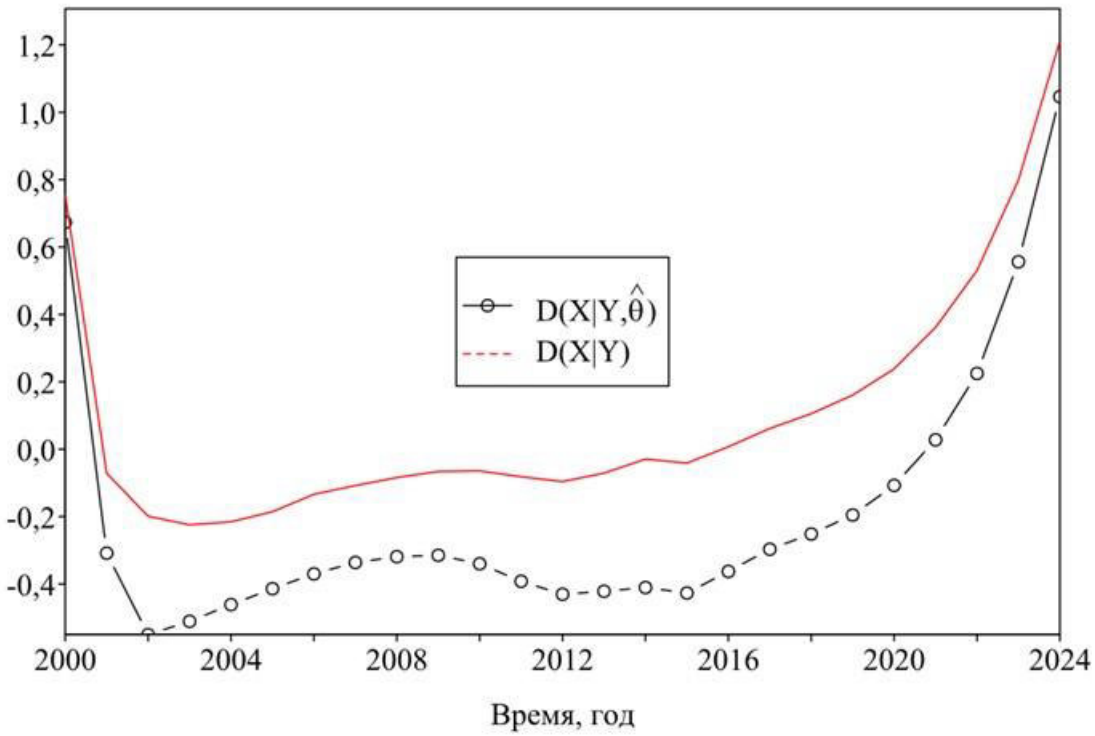


Рис. 144. Следы ковариационных матриц в настройке по данным до 2024 г.

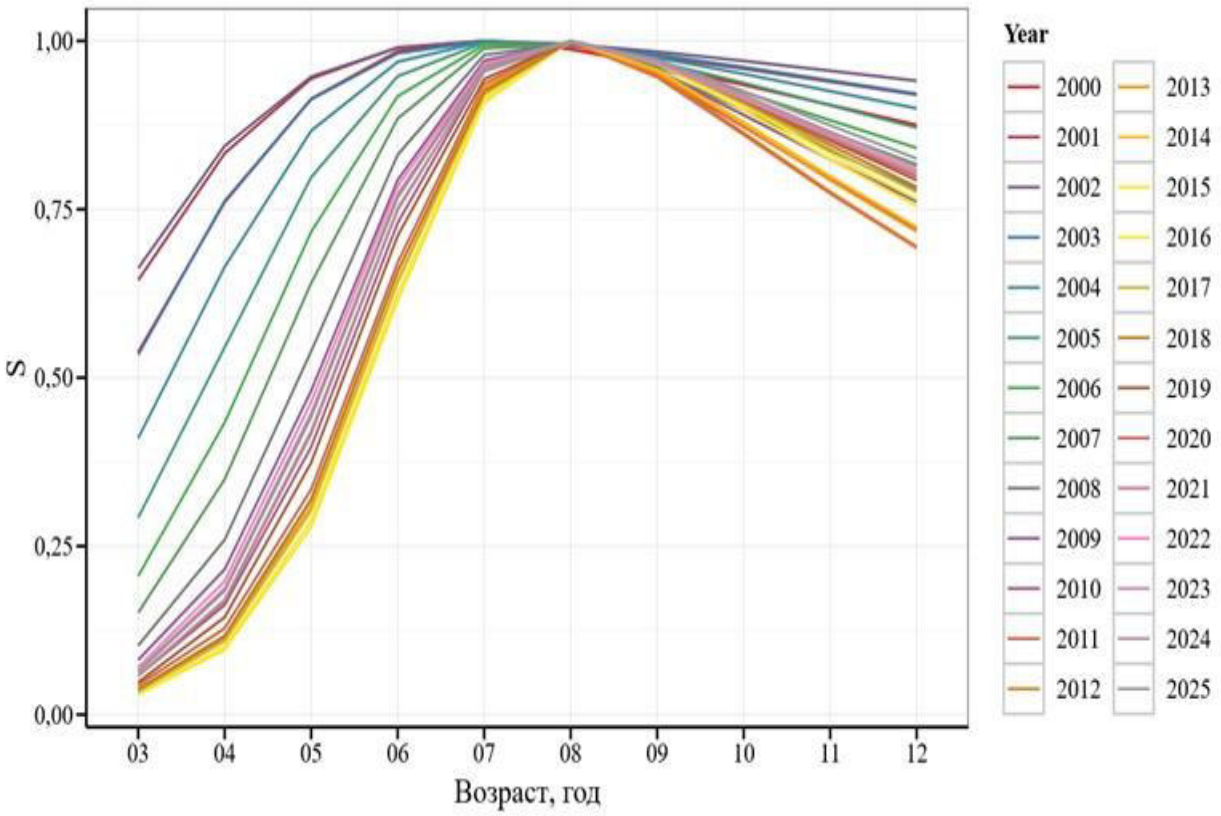


Рис. 145. Оценки селективности до 2025 г.

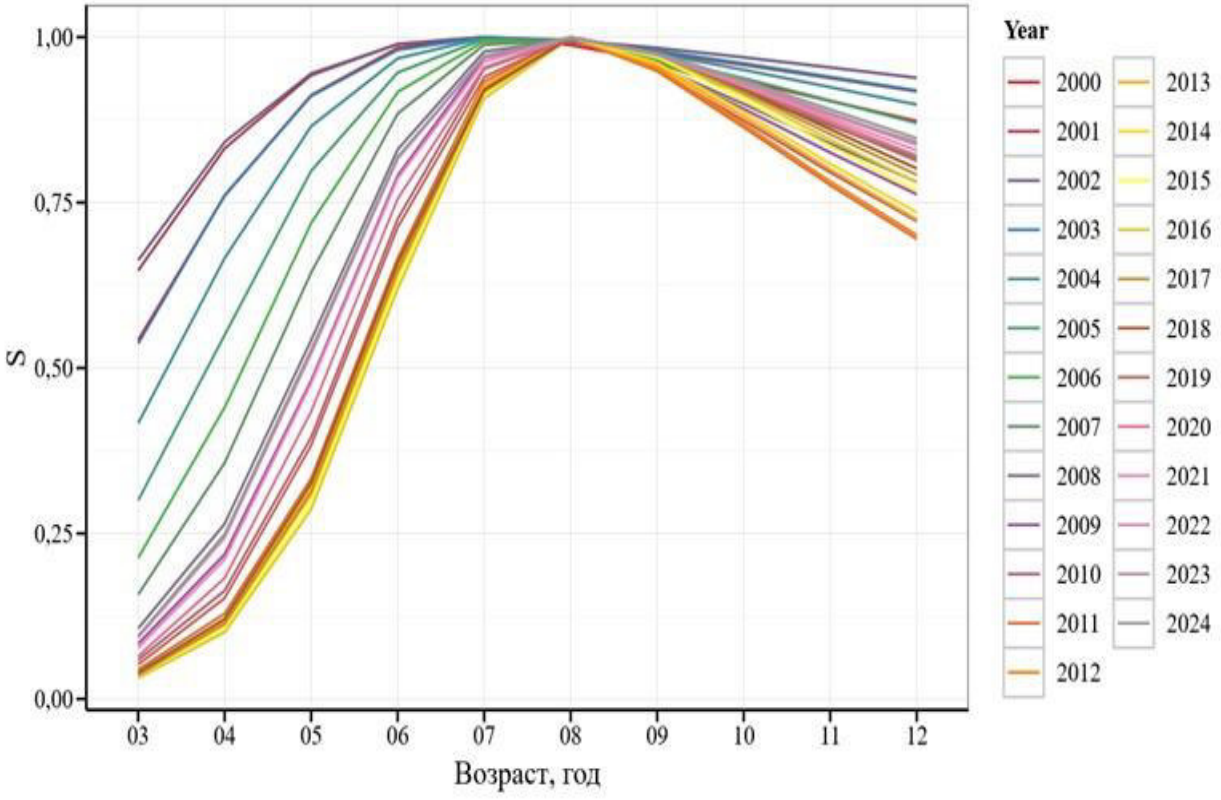


Рис. 146. Оценки селективности до 2024 г.

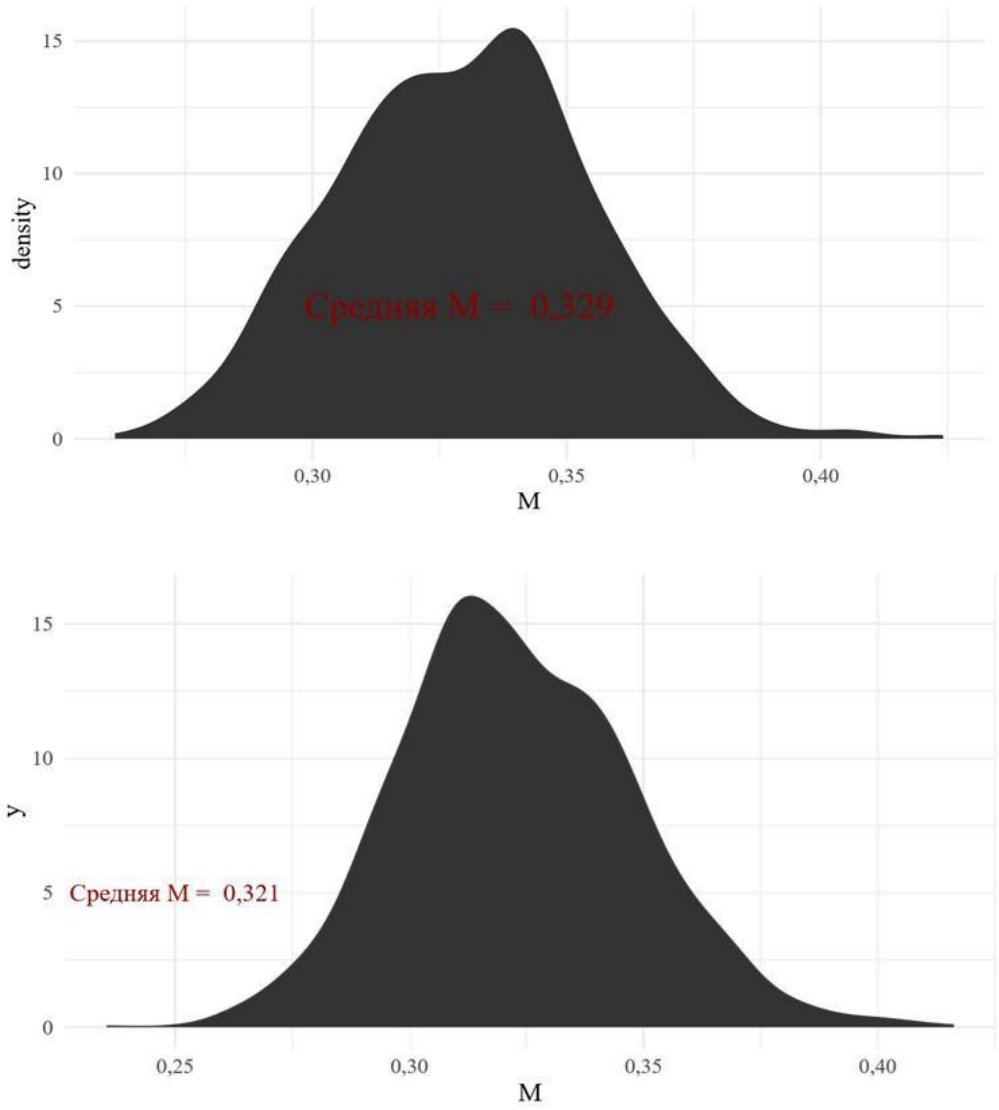


Рис. 147. Оценка M в текущей настройке CKM с UKS по данным до 2025 г. (вверху) и в предыдущей настройке CKM с UKS по данным до 2024 г. (внизу)

61.06 - Зона Японское море

61.06.1 - подзона Приморье

Исполнители: Е.Е. Овсянников, А.В. Смирнов («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов и определения ОДУ минтая в подзоне Приморье на 2026 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки состояния ресурсов минтая, полученные по результатам научно-исследовательских донных траловых съемок, выполненных в подзоне Приморье в весенне-летний период: 2015, 2016 и 2018 гг. на НИС «Бухоро»,

в 2019, 2022 и 2025 гг. на НИС «Владимир Сафонов» и в 2022 г. на НИС «Дмитрий Песков»;

2. Материалы ихтиопланктонных съемок, выполненных в весенний период в зал. Петра Великого, являющегося основным районом воспроизводства приморского минтая: в 2019 г. на НИС «Владимир Сафонов» (6 съемок); в 2020 г. на НИС «Зодиак», НИС «Владимир Сафонов» и РС «Таймень» (ООО «Примрыбфлот») (3 съемки), в 2021 г. на НИС «Убежденный» (5 съемок), в 2022 г. на НИС «Зодиак» (1 съемка), НИС «Дмитрий Песков» (2 съемки); в 2023-2025 гг. на НИС «Убежденный» по 5 съемок ежегодно;

3. Данные по минтаю, собранные научными наблюдателями на рыбзаводах: в поселках Каменка в 2017-2018 гг. и Южно-Морской в 2019-2025 гг.;

4. Сведения о вылове и распределении флота в течение путины 2025 г. по данным судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Обоснование выбора методов оценки запаса

Во второй половине 1990-х гг. в связи с существенным сокращением запасов минтая в подзоне Приморье его промысел почти прекратился, и минтай стали вылавливать только в качестве прилова при других промыслах, в большинстве случаев снюрреводами. Сбор биостатистической информации из промысловых уловов был прекращен и для минтая материалы собирались только в научно-исследовательских экспедициях, которые проводились для оценки состояния запасов рыб прибрежного комплекса.

Во второй половине 2010-х гг. запасы минтая стали расти, и отдельные суда маломерного флота начали целенаправленно вести его промысел и сдавать улов на берег. В 2017 г. был возобновлен сбор биостатистических материалов по минтаю на береговых предприятиях, т.е., данные о размерно-возрастной структуре собирались только последние шесть лет, что не позволяет пока использовать когортные модели. Также отметим, что суда маломерного флота не подавали ССД, т.к. их улов учитывается при сдаче на берег. В настоящее время суда, сдающие минтай на береговые рыбозаводы, показывают в ССД координаты места лова, но улов показывается нулевой. Также сейчас на промысле минтая работают и суда среднетоннажного флота, которые указывают суточный вылов. Исходя из сказанного выше, традиционно прогноз промыслового запаса и ОДУ минтая для подзоны Приморье выполняется с помощью биостатистического метода на основе данных научно-исследовательских съемок. В 1980-е и в первые два года 1990-х гг. запасы минтая в районе оценивались с помощью ихтиопланктонного метода. Затем из-за уменьшения запаса специализированные исследования минтая были прекращены. В последующие годы и по настоящее время запасы минтая оценивались по данным донных траловых съемок. При этих исследованиях минтай в уловах

встречается только как прилов; как правило, это крупный половозрелый минтай. Пополнение, которое обитает в пелагиали, в уловах донных тралений встречается не часто. Также отметим, что научно-исследовательские донные траловые съемки в Приморье выполняются не ежегодно, в одни годы к югу от м. Золотой, в другие - к северу от этого мыса, охватывая воды Татарского пролива. Съемки, которые охватывали бы всю акваторию, выполняются крайне редко.

Таким образом, к настоящему моменту при подготовке прогноза можно использовать данные промысловой статистики – исторические ряды уловов, промысловых усилий и уловов на усилие по данным судовых суточных донесений (ССД) с 2003 г., материалы донных траловых съемок с 2015 г. и ихтиопланктонных съемок с 2019 г., данные наблюдателей с 2017 г.

Исходя из структуры имеющейся информации о состоянии запасов и промысла, информационная обеспеченность прогноза соответствует II уровню. Согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 и «Методическим рекомендациям по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации…, 2018], для расчета ОДУ по данным, соответствующим II уровню информационного обеспечения, необходимо применять модели прибавочной продукции. ФГБНУ «ВНИРО» рекомендует для настройки моделей прибавочной продукции использовать пакет прикладных программ (ППП) «COMBI 4.0», которая реализована при подготовке данного прогноза.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. В Японском море, в том числе и в его северо-западной части, с конца 1980-х гг. прошлого столетия наблюдалось неуклонное сокращение запасов минтая, соответственно, и объемов его вылова (рис. 148).

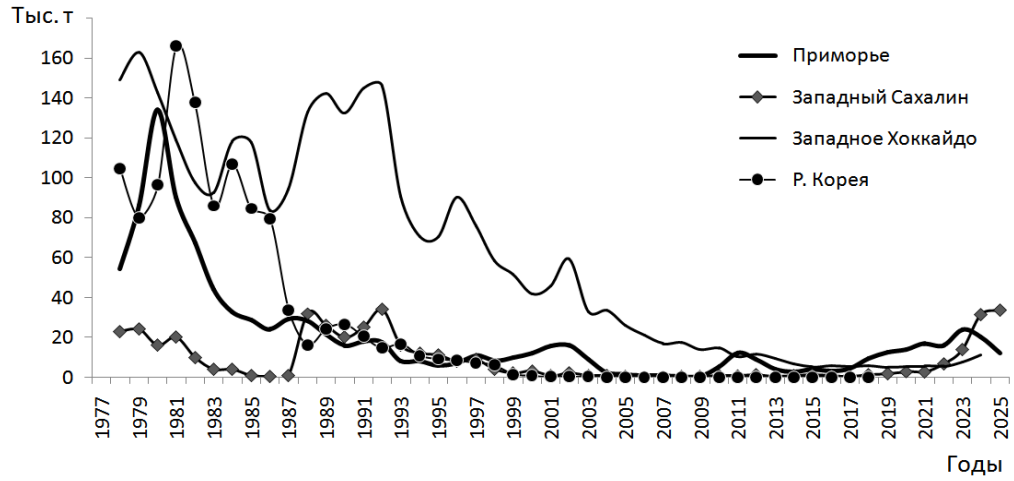


Рис. 148. Динамика вылова минтая в Японском море

По данным донных траловых съемок промысловый запас минтая, в подзоне Приморье в 1997-2022 гг. оценивался от 5,7 до 197,2 тыс. т и

в среднем составлял 68,6 тыс. т. Начиная с 2018 г. по данным этих исследований отмечен заметный рост биомассы минтая (рис. 149).

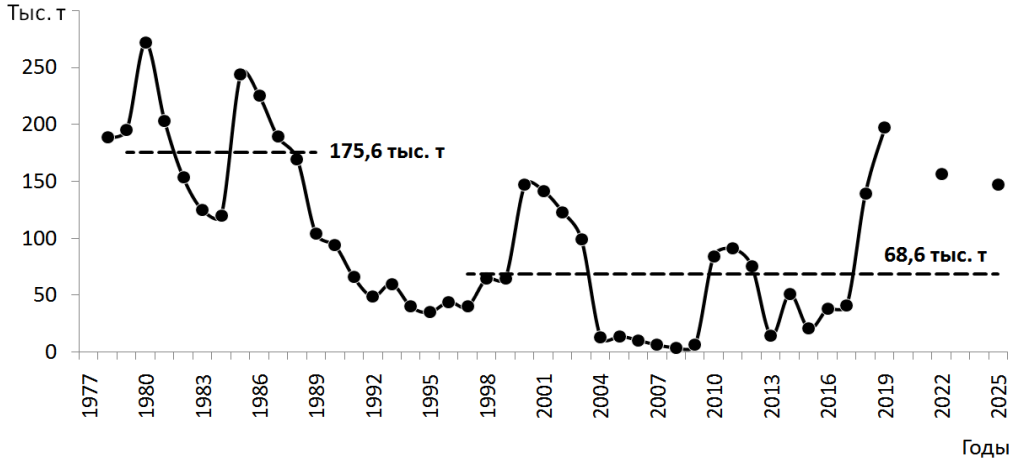


Рис. 149. Динамика промыслового запаса приморского минтая

В 2018 г. по данным донной траловой съемки биомасса и численность минтая в морских водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, на площади в 35,4 тыс. км^2, были оценены, соответственно, в 125,68 тыс. т и 497,2 млн экз. Севернее м. Золотой (47°20′ с.ш.) в водах Хабаровского края на акватории в 26,9 тыс. км^2 величина его запасов составила 13,8 тыс. т и 52,2 млн. экз. Для подзоны Приморье общая биомасса минтая была оценена в 139,5 тыс. т, а численность – в 549,4 млн экз.

В 2019 г. биомасса и численность минтая по данным донной траловой съемки в морских водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, на площади в 31,226 тыс. км^2 в придонном слое (до 3,5-4,0 м) оценены, соответственно, в 168,15 тыс. т и 462,19 млн экз. В траловых уловах встречался минтай длиной от 10 до 82 см (рис. 150).

Основу популяции приморского минтая весной 2019 г. составляло сверхурожайное поколение 2014 г., на долю 5-годовалых рыб приходилось 81,7%, доля поколения 2015 г. рождения в возрасте 4 года не превышала 7,2%, а 6-годовиков - только 4,5%. Средняя длина рыб на всей обследованной акватории составляла 38,6 см. На малых глубинах (менее 100 м) в уловах отмечались 2-годовалые особи поколения 2017 г. (рис. 150).

По результатам съемки 2022 г. в водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, в уловах доминировала модальная группа от 43 до 47 см – 42,5%. Доля крупных особей размерами более 50 см не превышала 8,0% от общей численности и 15,0% от общей биомассы. Численность и биомасса в северо-западной части Японского моря составили, соответственно, 310,9 млн экз. и 156,7 тыс. т, что несколько ниже, чем в предыдущий год.

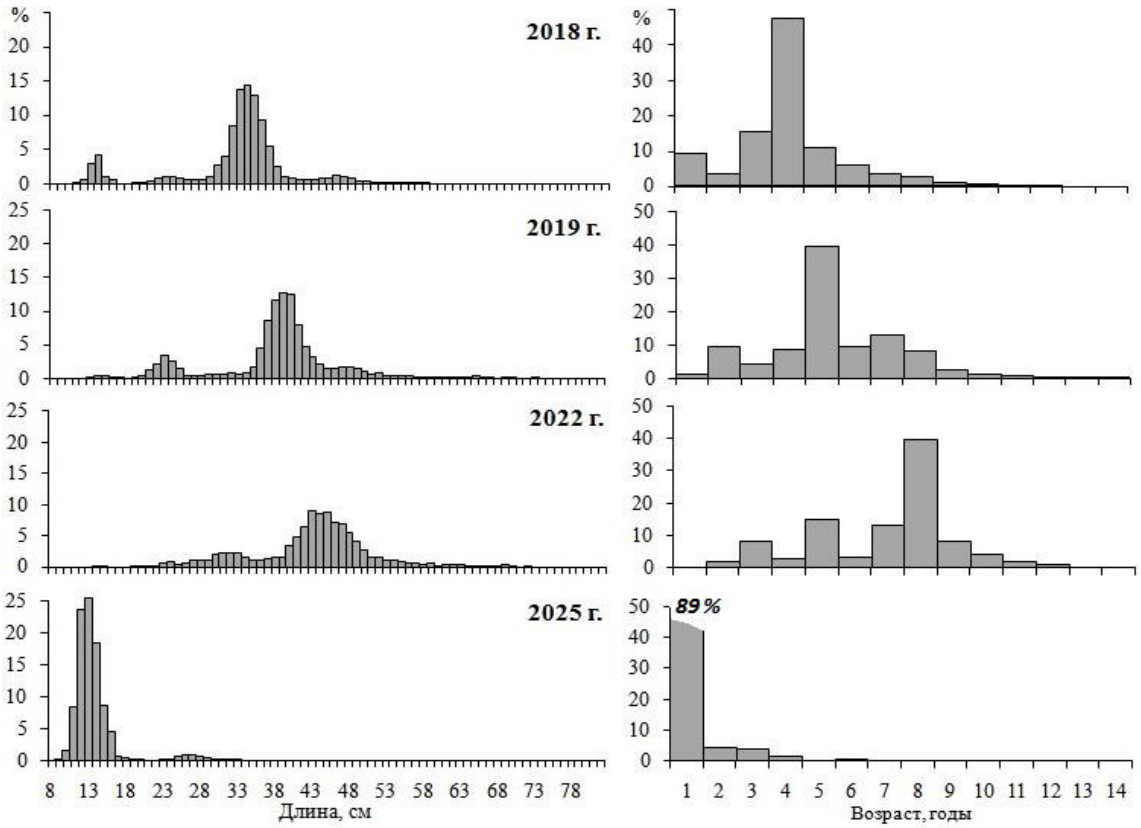


Рис. 150. Размерно-возрастной состав приморского минтая по данным научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2025 гг.

В 2019-2025 гг. на акватории зал. Петра Великого выполнены ихтиопланктонные микросъемки по определению интенсивности нереста минтая. Минимальная продукция выметанной икры была отмечена в 2019 г., что выглядит вполне логичным, поскольку в 5-годовалом возрасте половой зрелости достигла лишь незначительная часть урожайного поколения 2014 г., представленная преимущественно самцами. Последние, как видно, почти двукратно преобладали в родительском стаде (табл. 34). Однако уже на следующий год соотношение полов выровнялось, продукция икры за счет созревших самок возросла почти на порядок, а численность и биомасса производителей увеличилась в пять раз, достигнув пиковых значений. В 2021 г. количество выметанной в зал. Петра Великого икры сократилось на 50%, однако в 2022 г. вновь возросло (табл. 34). В 2025 г. численность учтенной икры оказалась настолько низка (в период массового нереста в середине апреля на акватории съемки была поймана всего 651 икринка, тогда как в 2022 г. – 43,3 тыс. икринок, т.е., в 66 раз больше), а доля икры на поздних стадиях развития столь несущественна, что это привело к невозможности расчета как суточной продукции, так и ее же за нерестовый сезон, и, соответственно, расчету на ее основе численности и биомассы производителей (табл. 35). Учитывая, что в возрастной структуре половозрелых рыб какого-либо значимого пополнения не прослеживалось, то можно с достаточной долей уверенности полагать, что увеличение продукции икры произошло за счет высокой абсолютной плодовитости самок

поколения 2014 г. и их значительного преобладания над самцами. Вместе с тем, и численность и биомасса нерестового запаса минтая последовательно снижались после 2020 г. по мере убыли рыб урожайной генерации. Отсутствие в уловах значимого пополнения родительского стада дает основания прогнозировать существенное снижение интенсивности воспроизводства минтая в зал. Петра Великого в ближайшие годы.

Таблица 34

Репродуктивные показатели минтая зал. Петра Великого по результатам ихтиопланктонных съемок

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Продукция икры за нерестовый сезон, $*10^9$	982,5	6586,9	4483,2	5863,2	2178,0	1129,6
Средняя абсолютная плодовитость самки, тыс. икр.	113,8	158,4	123,2	238,0	271,5	249,1
Доля самок в нерестовом в нерестовом запасе, %	38,7	50,5	48,3	65,1	54,8	49,4
Численность производителей, млн экз.	22,3	107,3	52,7	37,8	14,6	9,2
Средняя масса производителей, кг	0,382	0,431	0,431	0,572	0,574	0,562
Биомасса нерестового запаса, тыс. т*	8,5	46,3	26,5	21,6	8,4	5,2

**без учета вылова производителей до начала ихтиопланктонных съемок*

Таблица 35

ОДУ и вылов минтая в подзоне Приморье в 2007-2025 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2007	8,6	1,07	12,4
2008	4,2	0,30	7,1
2009	2,8	0,64	22,9
2010	9,4	5,21	55,4
2011	22,1	12,11	54,8
2012	18,2	9,15	50,3
2013	10,3	4,17	40,5
2014	5,6	2,58	46,1
2015	4,58	3,79	82,8
2016	4,42	3,13	70,8
2017	5,55	4,40	79,3
2018	10,5	9,44	89,9
2019	18,5	12,55	67,8
2020	28,7	14,06	49,0
2021	23,2	16,83	72,5
2022	20,7	15,98	77,2
2023	26,7	23,73	88,9
2024	24,9	20,21	81,2
2025	18,5	11,91	64,4

По количеству выметанной икры численность производителей, участвовавших в нересте 2019 г., оценена в 223,1 млн экз., что в терминах биомассы составило 8,5 тыс. т (табл. 34). В следующем нерестовом сезоне эти показатели возросли в четыре раза, а в 2021 г. снизились до 52,7 млн экз. и 26,5 тыс. т, соответственно. В 2022 г. биомасса производителей уменьшилась до 21, 6 тыс. т, в последующие годы она последовательно снижалась, достигнув минимума в 2024 г. – 5,2 тыс. т. В 2025 г., в соответствии со снижением учтенной икры в сравнении с 2024 г. в 2 раза, полагаем, что она также уменьшилась в 2 раза, до уровня 2,5-3,0 тыс. т.

Анализ размерно-возрастной структуры половозрелых рыб в уловах из зал. Петра Великого свидетельствует, что на протяжении 5 лет в нерестовом запасе абсолютно доминировало поколение 2014 г. рождения (рис. 151). Его доля в 2018, 2019 и 2022 гг. составляла 48,4, 51,1 и 53,5%, соответственно. Однако к 2024 г. его доля в результате естественной смертности по достижении возраста 10 лет и значительного изъятия промыслом в последние 6 лет существенно уменьшилась.

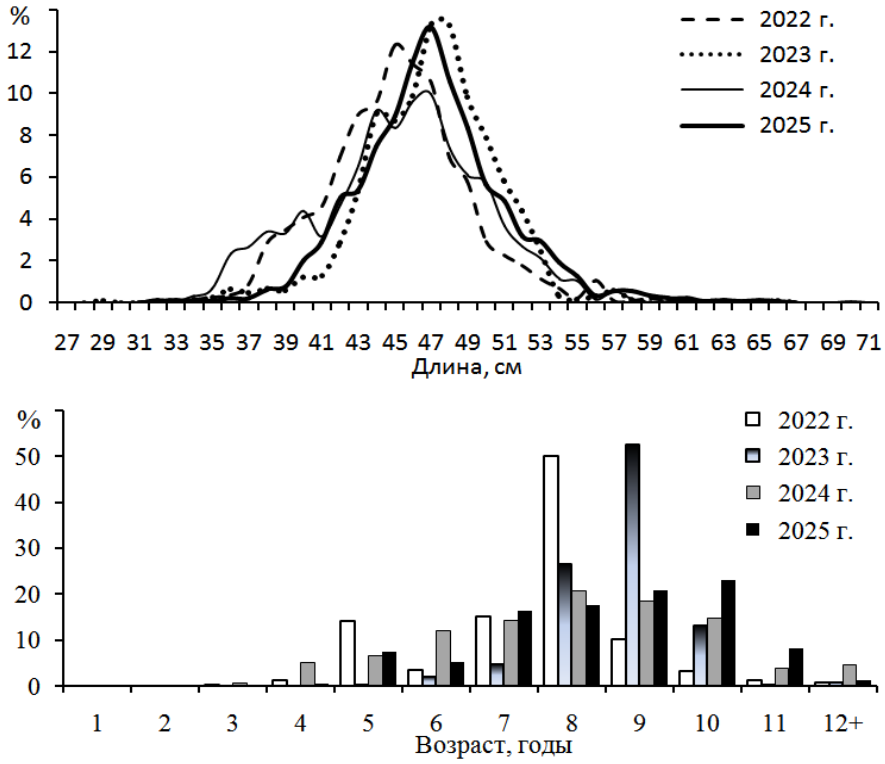


Рис. 151. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в зал. Петра Великого по данным наблюдателей «ТИНРО» в 2022-2025 гг.

Состояние промысла. В водах зал. Петра Великого промысел минтая осуществляется, начиная со второй половины 1940-х гг., годовые уловы этого вида здесь изменялись в диапазоне от 5 до 80 тыс. т, при этом повышенные объемы (более 30-40 тыс. т), при последовательном снижении уловов отмечались в 1960-1963, 1972-1975, 1979-1982 и 1987-1989 гг. [Фадеев, Веспестад, 2001]. Длительность этих периодов составляла 3-4 года. Можно полагать, что увеличение уловов было обусловлено высоким уровнем

запасов, формируемых поколениями высокой численности, поскольку каждое из них обычно доминирует в промысловом запасе 3-4 года подряд.

В 1990-е гг. объемы вылова сократились до исторического минимума. Причиной постепенного затухания промысла в эти годы являлось, прежде всего, плохое состояние запасов и соответственно, снижение уловов на усилие в зал. Петра Великого. Кроме того, в эти годы снижение интенсивности лова происходило из-за структурных перестроек местных рыбопромышленных предприятий и переориентации их на экспедиционный промысел минтая в Охотском море. После этого существующая интенсивность промысла не обеспечивала полного освоения имеющихся ресурсов и рекомендованные к вылову объемы минтая практически ежегодно не осваивались из-за не выставления промыслового флота [Фадеев, Веспестад, 2001]. В 2000-х гг. произошло постепенное и довольно существенное сокращение количества судов, участвующих в прибрежном промысле рыб в подзоне Приморье [Калчугин и др., 2015]. Поэтому основной причиной недоосвоения ОДУ минтая, как и объемов РВ других видов рыб, по-прежнему было недостаточное количество рыбодобывающих судов, выставляемых на промысел. В течение 2010-е гг. запасы минтая в подзоне Приморье продолжали оставаться на низком уровне, а выделяемые для вылова объемы также недоосваивались из-за недостаточного количества добывающих судов (табл. 35). В то же время было отмечено, что в апреле-мае периодически в значительных количествах минтай мог заходить в ставные орудия лова. Однако, согласно действующих Правил рыболовства, прилов видов, для которых устанавливается величина ОДУ, не должен превышать 2 % от общего улова, поэтому этот минтай, либо был выпущен, либо, вероятнее, не входил в статистические данные по вылову [Ким, 2010]. Начиная с 2019 г. в связи с отмеченным ростом запаса и, соответственно, с увеличением объемов рекомендуемых к вылову в первой половине года часть судов малотоннажного флота начали специализированно добывать минтай.

В течение 2020 г. специализированный промысел минтая в различные сезоны вели до 2-4 СТР, 3 МКРТМ, до 3-5 СРТМ, не более 2-7 РС и ряд других типов судов с меньшей мощностью двигателя. В первом квартале основная часть квот минтая осваивалась в основном судами класса РС в районе между м. Поворотный и м. Южный (44°02′с.ш., 135°37′в.д.). Однако основным районом работы промысловых судов являлся свал глубин от 450 до 680 м от бух. Краковка до бух. Валентина. В январе-марте уловы минтая на усилие у РС варьировали от 1,1 до 41,2 т (в среднем 9,4-17,1 т), у СТР – от 1,6 до 63,3 т (в среднем 10,5-32,7 т), а у МКРТМ и СРТМ в среднем не превышали 7,8 и 3,7 т соответственно. В зал. Петра Великого промысел минтая велся в основном восточнее о-ва Аскольд, главным образом западнее «тафуинских свалов». В течение марта, с началом подходов минтая в район основных нерестилищ в восточной половине залива, уловы на усилие возросли у МКРТМ с 3,2 т до 12,2-15 т, у СРТМ с 6,1 до 10,7, а у РС с 7,4-15,5 т до 32,5-37,0 т (в среднем 18,1-24,1 т). За первые три месяца 2020 г. было выловлено 5,77 тыс. т минтая. В апреле специализированный промысел

минтая суда класса МКРТМ и СРТМ вели в основном в восточной части зал. Петра Великого, где уловы на усилие на глубинах 60-80 м составляли от 2,5 до 20,6 т (в среднем 9,8-11,5 т). Данные об эффективности промысла минтая судами класса РС в апреле отсутствуют, однако вылов минтая только этим типов судов в апреле составил около 1,28 тыс. т, при общем показателе в 2,08 тыс. т. В мае у судов класса РС суточные уловы минтая в заливе составляли от 13,7 до 64,3 т (в среднем 14,2-27,9 т), у МКРТМ и СРТМ уловы по-прежнему были ниже – от 3,0 до 23,6 т (в среднем 6,4-13,7 т). За пределами акватории залива промысел минтая практически был прекращен. За первую половину 2020 г. суммарный вылов минтая в подзоне Приморье составил более 10 тыс. т, или 56% от первоначального ОДУ, или с учетом скорректированной с 1 июля в сторону увеличения величину ОДУ до 28,7 тыс. т – 35,3%. Из-за малого количества судов, выставленных на промысел в 2020 г., и в частности отсутствия на промысле среднетоннажных (СТР), работавших в предыдущем году, только к началу июня общий вылов минтая превысил уровень 2019 г. Как и ранее, в 2020 г. осенний промысел минтая начался во второй декаде октября и велся в основном в районе между м. Поворотный и бух. Валентина (43°07′ с.ш.). Месячный вылов минтая в октябре и ноябре составил 0,778 и 0,94 тыс. т, соответсвенно. Общий годовой вылов минтая в 2020 г. составил 14,06 тыс. т, что соответствует изъятию 49,0% от увеличенного объема ОДУ (табл. 35).

В 2021 г. промысел минтая осуществлялся в водах зал. Петра Великого, но результативность его была заметно выше. Основной лов минтая в заливе проходил с 10 марта по 07 июня, за этот период в промысле приняли участие 12 судов МТФ и 7 судов СТФ. Ими было выловлено почти 12 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 137 т, максимальный – 314 т. В уловах судов, добывающих минтай, как и годом ранее, преобладали особи поколения 2014 г. (7-годовики – 35,2% от численности уловов) и рыбы поколения 2015 г. рождения (6-годовики – 37,6%). Отметим, что, по данным донных траловых съемок, поколение 2014 г. оценивается как урожайное, а поколение 2015 г. по этим исследованиям было вторым по численности. Всего за 2021 г. в подзоне Приморье было выловлено 16,8 тыс. т минтая, что составляет 72,6% от ОДУ.

В 2022 г. также осуществлялся в водах зал. Петра Великого, но его результативность была несколько ниже уровня предыдущего года. Основной промысел минтая в заливе проходил с февраля по июнь, за этот период в промысле приняли участие 9 судов МТФ и 15 судов СТФ. Ими было выловлено почти 11 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 84,6 т, максимальный – 326 т. В марте 2022 г. в уловах промысловых судов минтай был представлен особями длиной от 13 до 68 см (среднее 35,5 см), при этом все так же преобладали особи поколения 2014 г. и рыбы поколения 2015 г. рождения. Всего за 2022 г. в подзоне Приморье было выловлено 15,98 тыс. т минтая, что составляет 77,2% от ОДУ.

В 2023 г. промысел минтая осуществлялся в водах зал. Петра Великого. Основной промысел в заливе пришелся на февраль-май, за этот период в

промысле приняли участие 6 судов МТФ и 8 судов СТФ (рис. 152). Ими было выловлено почти 20,0 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 178,2 т, максимальный – 462 т. По данным наблюдателей «ТИНРО» в марте 2022 г. в уловах промысловых судов минтай был представлен особями длиной от 29 до 66 см (среднее 44,5 см). Всего за 2023 г. в подзоне Приморье было выловлено 23,7 тыс. т минтая, что составляет 88,9% от ОДУ и является максимальным показателем за последние 36 лет.

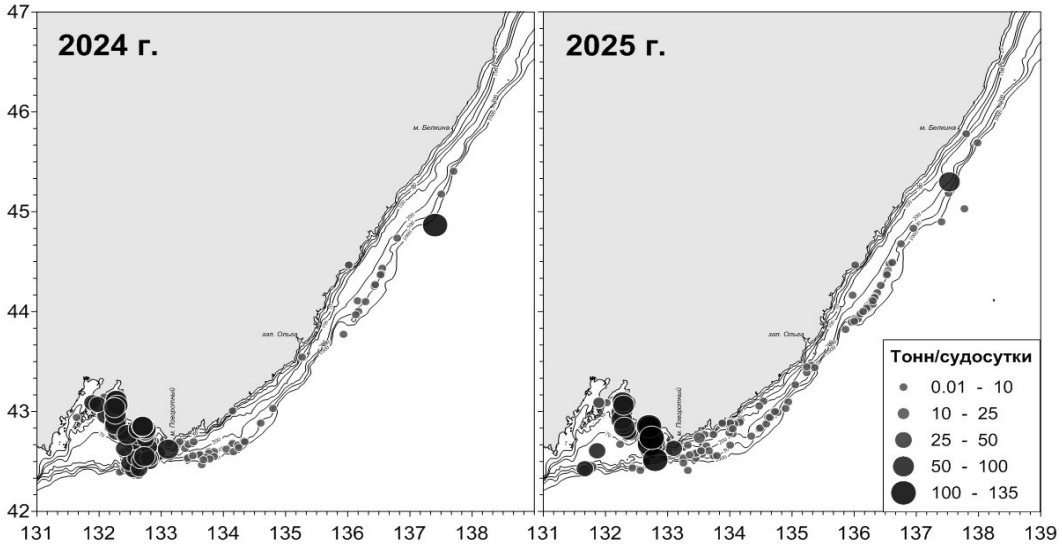


Рис. 152. Дислокация добывающего флота на промысле минтая в подзоне Приморье в 2024-2025 гг.

В 2024 г., также как и в предыдущие годы, промысел минтая в подзоне Приморье осуществлялся в водах зал. Петра Великого. Основной промысел в заливе пришелся на период с февраля до середины третьей декады апреля, за этот период в промысле приняли участие 8 судов МТФ и 6 судов СТФ (рис. 152). Ими было выловлено около 14,0 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 184,9 т, максимальный – 426 т. По данным наблюдателей в промысловых уловах в марте 2022 г. минтай был представлен особями длиной от 32 до 70 см (среднее 44,9 см). Всего за 2024 г. в подзоне Приморье было выловлено 20,2 тыс. т минтая, (81,1% от ОДУ).

В 2025 г., район промысла минтая в подзоне Приморье не изменился, и, как и в предыдущие годы его добывали в зал. Петра Великого, при этом интенсивность промысла заметно снизилась. В сравнение с прошлым годом, в 2025 г. суда начали добывать минтая почти на две недели позже, в самом конце февраля. За период основного промысла минтая в подзоне Приморье (с 24 февраля по 26 апреля) было выловлено около 8,0 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 133,8 т, максимальный – 347 т. В промысле приняли участие 5 судов МТФ и 10 судов СТФ. Всего за 2025 г. в подзоне Приморье было выловлено 11,9 тыс. т минтая (64,4% от ОДУ).

В настоящее время после подъема запаса с 2017 г. и достижения максимума в 2020 г., запас приморского минтая стремительно уменьшается. В 2018 г. произошел двукратный рост добычи, В последующие годы рост вылова продолжился и в 2023 г. было освоено около 23,7 тыс. т, что явилось максимумом за последние 36 лет. В 2024 г. годовой вылов снизился до 20,2 тыс. т. Резкое уменьшение вылова произошло в 2025 г. – всего было добыто 11,9 тыс. т (ОДУ освоен всего на 64,4%.) Является ли наблюдаемое уменьшение результатом перелова – вопрос риторический, но очевидно, что облавливавшийся минтай предельных возрастов имеет высокую естественную смертность, поэтому и его изъятие может быть увеличено.

Отметим, что результаты траловой съемки 2022 г. показали, что за три нерестовых сезона поколения 2014 г. какого-либо значимого дочернего поколения не появилось. Однако, опираясь на результаты аналогичной съемки, выполненной в прошлом, 2025 г. несмотря на наблюдаемую тенденцию к снижению, было отмечено появление высокочисленного поколения 2024 г. рождения. Пока рано судить о том, сможет ли оно, по мере роста и полового созревания, переломить тенденцию наблюдаемого в настоящее время снижения запасов. Тем не менее, можно предполагать, что к 2027-2028 гг. возможно постепенное восстановление промыслового запаса.

Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров и формирования правила регулирования промысла использованы исторические ряды уловов и промысловых усилий на промысле минтая в подзоне Приморье с 2007 г. В основу определения ориентиров управления положена концепция MSY и принципы предосторожного подхода [Бабаян, 2000]. По результатам настройки выбранной модели, зависимость прибавочной продукции от биомассы запаса представлены на рисунке 153.

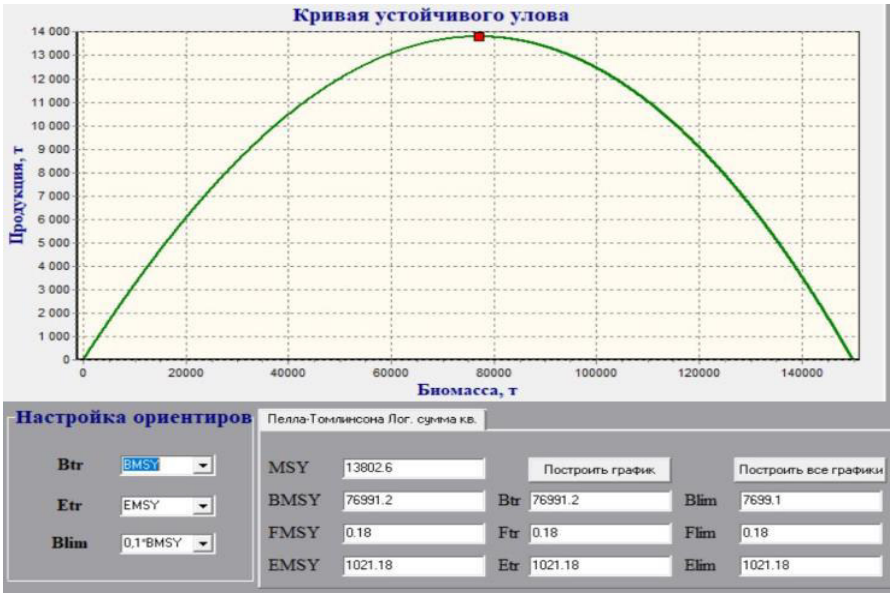


Рис. 153. Кривая устойчивого улова приморского минтая по промысловым данным с 2007 г.

Обоснование правила регулирования промысла

В версии программы «COMBI 4» доступно несколько вариантов линейно-кусочных ПРП, предназначенных для выбора и «настройки» правила регулирования промысла (ПРП), используемого в дальнейшем для прогнозирования состояния запаса и величины ОДУ. Это дает возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности, исходя из состояния прогнозируемого запаса (табл. 36).

Таблица 36

Эффективность правила регулирования промысла для минтая подзоны Приморье

Бутстреп: Параметрический

Прогнозный горизонт: 5

Кол-во прогонов: 10000

Оценка коэффициентов эффективности

FMSY Линейно-Кусочное -0.96
Fsq125 Линейно-Кусочное -0.88
FMSY Линейно-Кусочное -0.88
F01 Линейно-Кусочное -0.96
Расчет окончен

Коэффициенты эффективности

F01 Линейно-кусочное ПРП --0.96

Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность B прогнозная < Blim	Вероятность C прогнозный < C min
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	F01 Линейно-Кусочное -1	1	77859.2	12697.2	1.2	1.4	0.94	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	F01 Линейно-Кусочное -0.8	1	78505.0	12543.4	1.2	1.4	0.97	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	Fsq125 Линейно-Кусочное -0.1	1	82900.8	9688.8	1.2	1.1	1	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	FMSY Линейно-Кусочное -0.96	1	76406.8	13638.7	1.1	1.5	0.95	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	Fsq125 Линейно-Кусочное -0.88	1	82364.4	10331.8	1.2	1.1	0.95	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	FMSY Линейно-Кусочное -0.88	1	76241.9	13489.4	1.1	1.5	0.96	0
Пелла-Томлинсона Лог. сумма кв.	F01 Линейно-Кусочное -0.96	1	78416.7	12736.1	1.2	1.4	0.95	0

Согласно выбранного F01 линейно-кусочного ПРП, уровень изъятия определен 0,162, так как запас ниже целевого уровня и находится в зоне восстановления (рис. 154). При этом риск получить в перспективе улов и общую биомассу меньше наблюдённого минимума не превышает 1%.

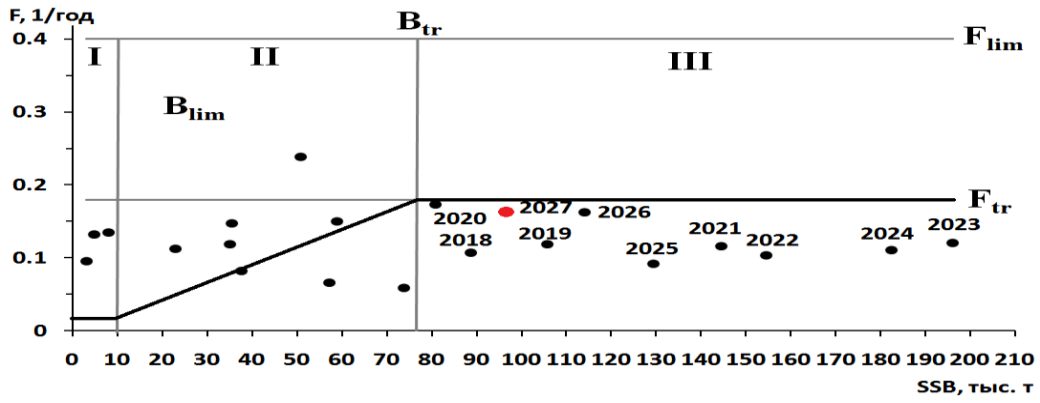


Рис. 154. Схема правила регулирования промысла минтая подзоны Приморье

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз величины промыслового запаса на 2025 г. рассчитан по данным о динамике общего вылова минтая в подзоне Приморье и количестве промысловых операций (усилий), выполненных малотоннажным и среднетоннажным флотом за период с 2007 г. Между уловами и усилиями найдена отрицательная корреляция (рис. 155).

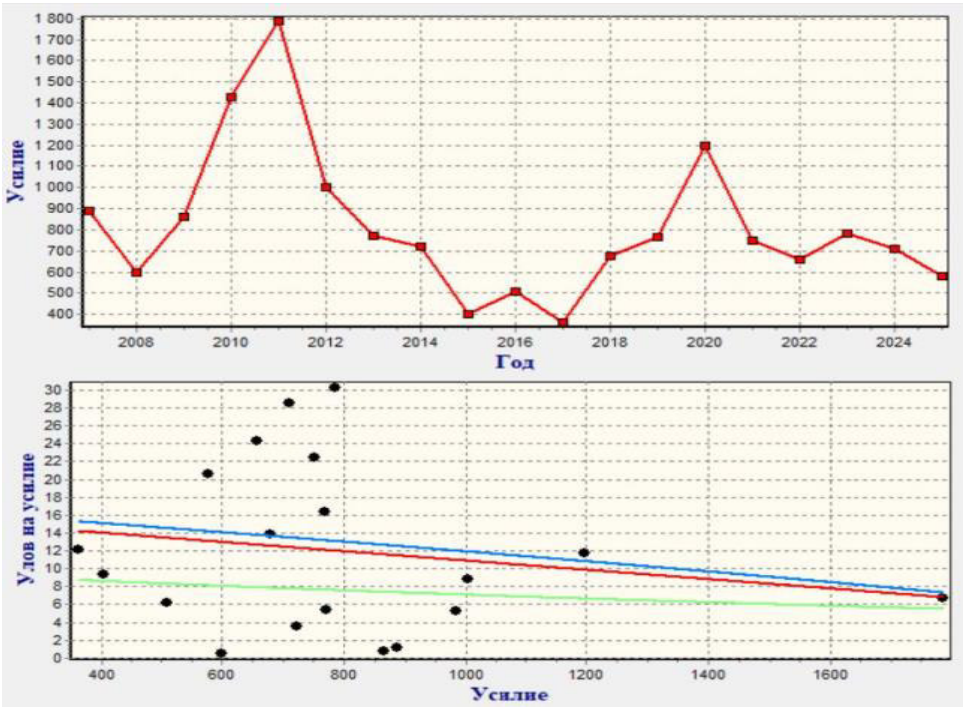


Рис. 155. Зависимость уловов на усилие от количества усилий, добывающего флота на промысле минтая в подзоне Приморье в 2007-2025 гг.

Период наблюдений составляет 19 лет, поэтому можно использовать полный набор данных. Был проведен анализ коэффициентов корреляции, суммарного стандартного отклонения, а также, чтобы убедиться в реалистичности параметров моделей, особое внимание обращалось на такие показатели как скорость популяционного роста (r) и емкость среды (K). Наиболее близко для приморского минтая эти популяционные показатели описывала модель Пелла-Томлинсона. Анализ целевой функции (L) также показал минимальную степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюденных при использовании модели Пелла-Томлинсона и расчете медианного отклонения. После выбора и настройки модели был получены оценки состояния запасов минтая их прогноз в подзоне Приморье (рис. 156).

Согласно проведенным расчетам, предполагается, что в 2027 г. промысловая биомасса минтая в подзоне Приморье будет составлять около 96,6 тыс. т. Численность урожайного поколения 2014 г. сократится, и основу промыслового запаса будет составлять поколение 2015 г. рождения, ещё будет отмеченр поколение 2017 г., которое уже в настоящее время заметно в уловах. Основной промысел минтая в подзоне Приморье осуществляется на внутреннем шельфе снюрреводами с ячеей не менее 30 см, в результате чего молодь в уловах почти отсутствует, поэтому точно оценить урожайность конкретных поколений можно только по результатам научно-исследовательских траловых съемок. В целом ожидается, что из-за невысокой численности поколений в ближайшей перспективе промысловый запас приморского минтая снизится до уровня менее 70 тыс. т.

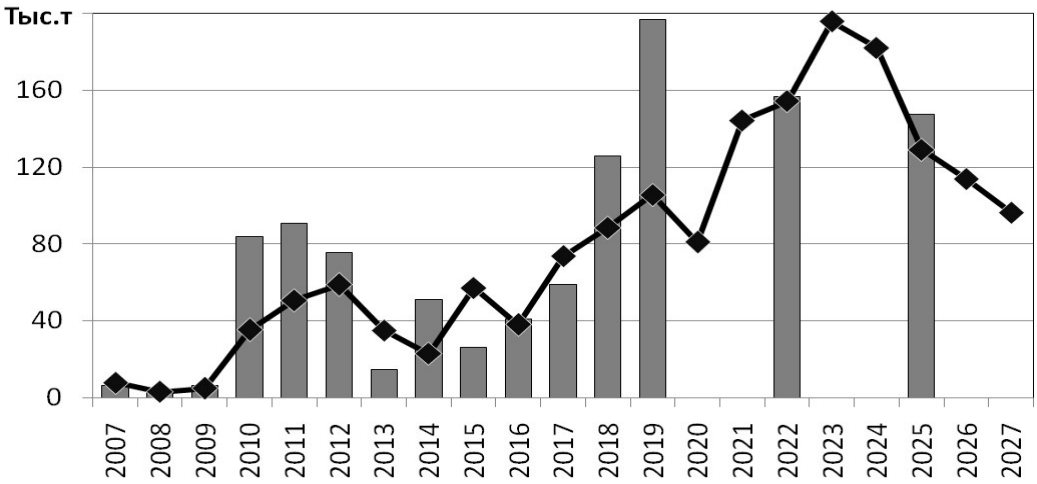


Рис. 156. Промысловая биомасса (FSB) приморского минтая, по данным донных траловых съемок (гистограмма) и её величина рассчитанная программой «COMBI 4» (линия с маркерами)

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Ожидаемая промысловая биомасса минтая в подзоне Приморье, рассчитанная в программном комплексе «COMBI 4» на 2027 г. оценена в 96,6 тыс. т, при таком уровне запаса, исходя из принятого правила регулирования промысла рекомендуемый уровень промыслового изъятия составит 0,1626.

При прогнозируемой величине промысловой биомассы 96,6 тыс. т составит **ОДУ минтая в подзоне Приморье в 2027 г. 15,700 тыс. т**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Было установлено, что при эксплуатации на целевом уровне биомасса запаса в ближайшие 5 лет снизится до уровня $B_{MSY,}$ при этом ОДУ также будет снижаться (рис. 157).

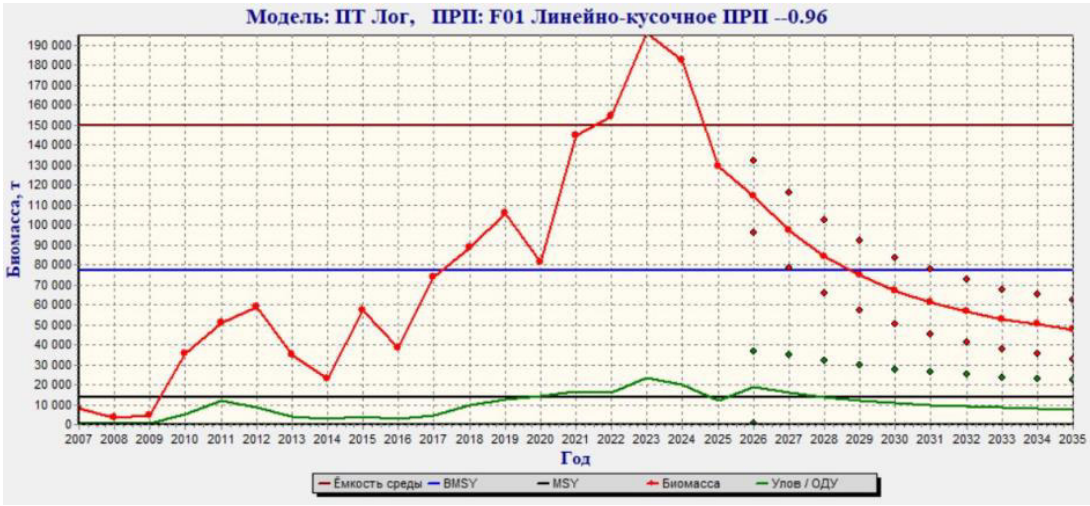


Рис. 157. Прогноз состояния запасов и ОДУ минтая в подзоне Приморье

Минтай очень динамичный запас, он вступает в промысловый запас в возрасте 3 года, при вступлении урожайных поколений в его биомасса существенно увеличивается. Биомасса может изменяться в несколько раз и даже на порядок за короткий срок, а именно за 3−5 лет. Такую ситуацию мы наблюдали в 2017-2019 гг., когда запас увеличивался благодаря вступлению в него рыб урожайного поколения 2014 г. рождения (рис. 156).

Изменение основных параметров продукционной модели Пелла-Томлинсона (r, q, K) показала, что в течение 10 лет биомасса запаса не упадёт ниже оптимального B_{MSY} при эксплуатации на целевом уровне (рис. 158-160). Однако при ошибке в определении этих параметров и превышении MSY биомасса может опуститься ниже оптимальной.

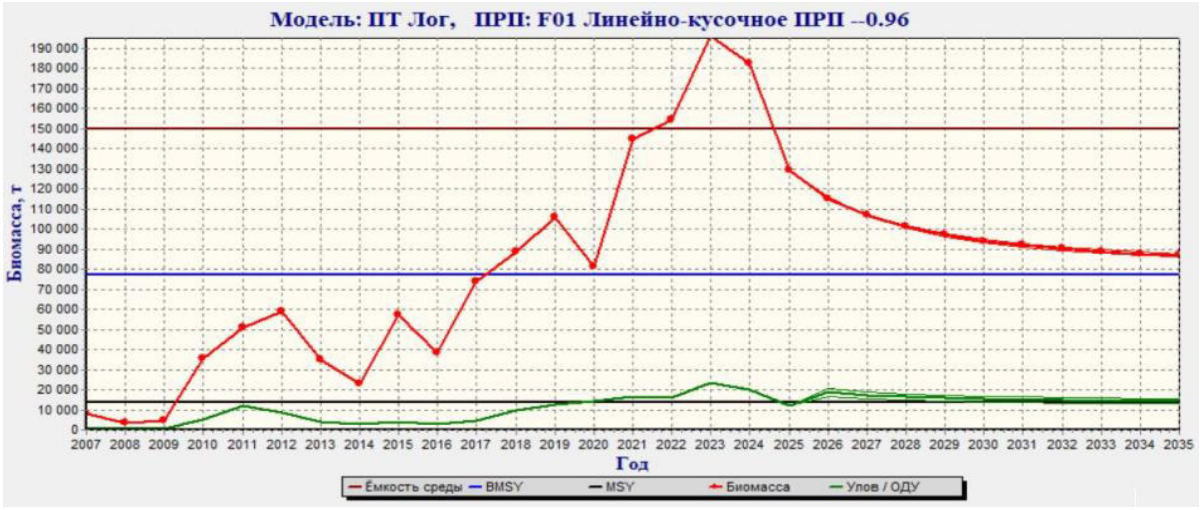


Рис. 158. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях r

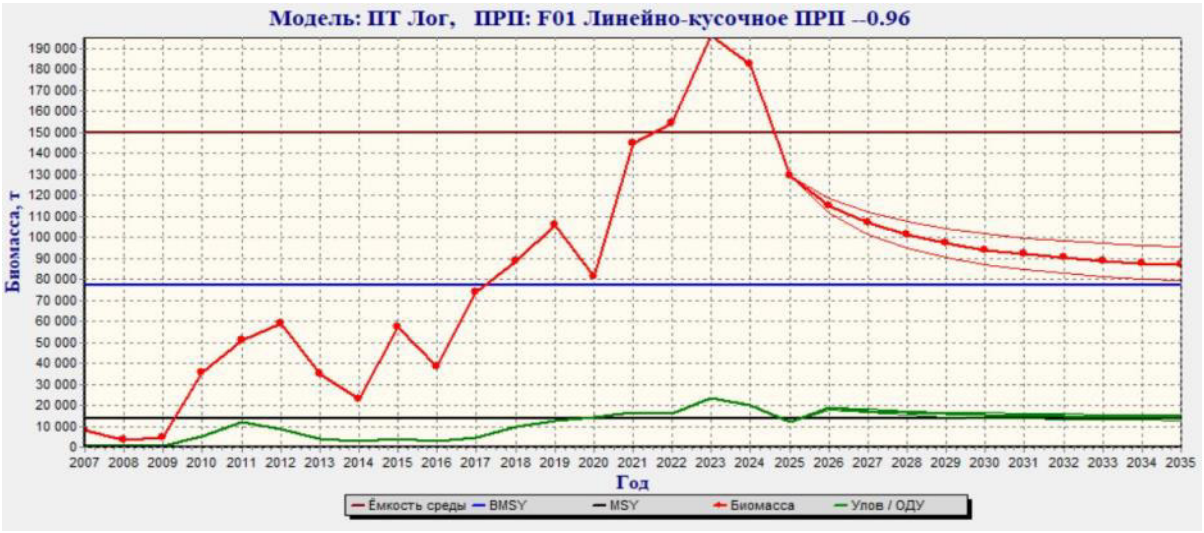


Рис. 159. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях K

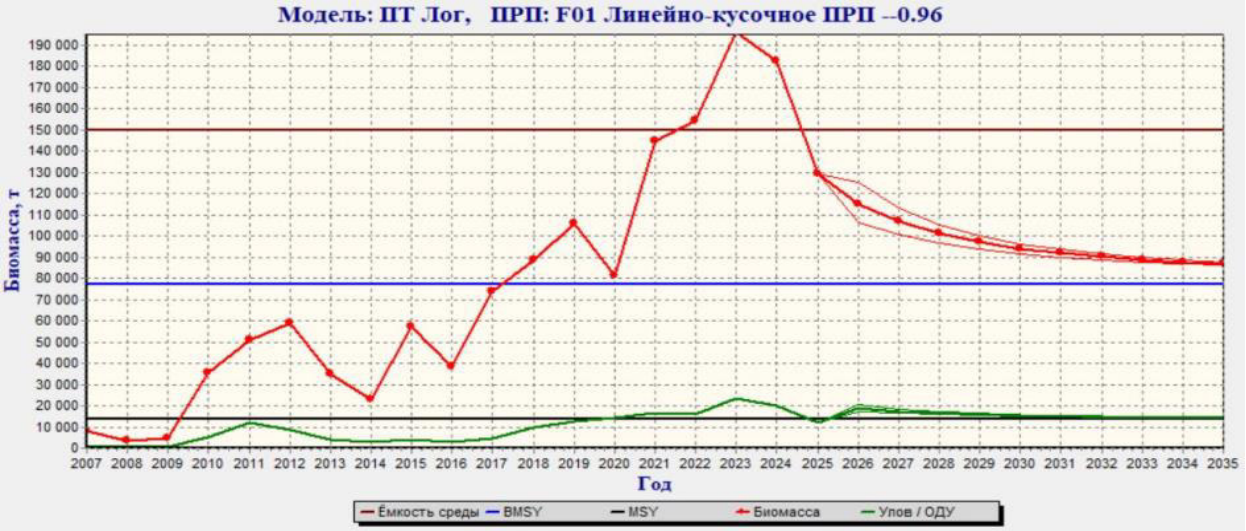


Рис. 160. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях q

61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона

Исполнители: К.В. Икария, Ким Сен Ток, («СахНИРО»), В.В. Кулик («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Ихтиопланктонные и тралово-акустические съемки, выполненные в период 1990–2025 гг. составляют информационную основу для изучения многолетней динамики численности стада минтая в многолетнем аспекте с целью расчета величины ОДУ с двухлетней заблаговременностью. Преднерестовые, нерестовые и нагульные скопления вида обследовались ежегодно, а полученные материалы включали данные по размерно-возрастной структуре стада, темпу линейно-весового роста и полового созревания рыб, а также многолетней динамике вылова. Промысловая статистика по объекту за 2003–2025 гг. получена из базы ОСМ Росрыболовства. Информация по японскому вылову в западных водах о-ва Хоккайдо получена с сайта http://abchan.fra.go.jp. В 2010-2013 гг. осуществлены последние четыре ихтиопланктонные съемки, которые показали минимальное количество икры вида в районе. В дальнейшем учетные работы проводились в рамках траловых съемок. В июне 2018 г. была выполнена учетная съемка на РКМРТ «Бухоро» в количестве 100 ст., в мае-июне 2020 г. на НИС «В. Сафонов» – 112 ст., в мае-июне 2022 г. – 128 ст., в марте-апреле 2023 г. – 44 ст., в сентябре-октябре 2024 г. – 69 ст., в мае-июне 2025 г. – 79 ст. В связи с отходом от практики ежегодных учетов, в 2014, 2016, 2019 и 2021 гг. учетные работы в районе не проводились. До 2022 г. ежегодно осуществлялся сбор научной информации из промысловых уловов снюрреводного промысла. В 2023-2025 гг. промысловые данные были собраны в ходе разноглубинного тралового лова, интенсивность которого

стремительно выросла. С 2009 г. для анализа размерно-возрастной структуры проанализировано и промерено порядка 25,4 тыс. особей минтая.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Информация о возрастной структуре уловов минтая доступна с 1990 г., что позволяет отнести имеющиеся данные к I уровню информационной обеспеченности прогноза. В настоящем прогнозе используется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана UKS (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022], которая в некоторой степени сходна с известной победительницей множества состязаний в международных Комиссиях – когортной моделью SAM [Berg, Nielsen, 2016]. Модель UKS учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить ППП «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2025].

В материалах ОДУ минтая для Западно-Сахалинской подзоны на 2025-2026 гг., прошедших общественные обсуждения и государственную экологическую экспертизу, уже было показано статистическое преимущество использования модели UKS перед остальными моделями. Выбор осуществлялся на основе критерия AICc, учитывая, что во всех конфигурациях отношение числа наблюдений к числу параметров было меньше 40 [Burnham, Anderson, 2004]. Самый низкий AICc был найден у модели UKS. Окончательный выбор был сделан в пользу UKS из-за лучшей ретроспективной устойчивости оценок нерестовой биомассы (SSB) и промысловой смертности (F). По данным до 2023 г. ретроспективная ошибка (ρ) в модели UKS была очень близка к нулю: $\rho(SSB) = -0,04$ и $\rho(F)=-0,098$ за период 5 лет с 2018 по 2022 гг. относительно 2023 г.

Таким образом, в корректировке ОДУ на 2027 г. используется лучшая из представленных ранее в сравнении множества моделей – статистическая когортная модель в пространстве состояний с UKS [Ильин, 2022].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

До 2000-х гг. наибольший вылов минтая в Западно-Сахалинской подзоне Японского моря российскими судами достигнут в 1994 г. - 12 тыс. т. В последующие годы он не превышал 8 тыс. т, к 2003 г. составил 0,2 тыс. т, а в 2005–2009 гг. – не поднимался выше 0,5 тыс. т в год. В 2010–2015 гг. общий вылов вырос незначительно до 0,8-1,3 тыс. т, что составило 24-54% от ОДУ (табл. 37). В 2016-2020 гг. промысел минтая стал интенсифицироваться, в нем принимали участие суда 6-7 рыбодобывающих компаний. Общий вылов в эти годы нарастал, достигнув в 2020 г. 2,458 тыс. т или 70,2% ОДУ. В 2021 г. вылов составил схожую величину – 2,665 тыс. т или 66,6% ОДУ. В 2022 г. годовое изъятие резко выросло до 6,251 тыс. т, хотя уровень освоения рекомендованного ОДУ составил лишь 53,0%, ввиду значительного увеличения допустимого изъятия. До этого года местные предприятия

использовали на лове, главным образом, суда малотоннажного флота типа РС, МКРТМ и МРС-150, вооруженные снюрреводами. В 2023 г. ситуация кардинально изменилась, в районе появились суда среднетоннажного (СТФ) и крупнотоннажного (КТФ) флотов, вооруженные разноглубинными тралами. Общий вылов в 2023 г. вновь удвоился и составил по данным ОСМ «Росрыболовства» 12,9208 тыс. т или 86,1%. Суммарный вылов СТФ и КТФ составил в этом году 7,5824 тыс. т или 58,7% годового изъятия. В 2024 г. годовой вылов достиг уже 29,704126 тыс. т или 84,9% при допустимом изъятии 35 тыс. т. Суммарный вылов СТФ и КТФ составил примерно 94,5% общего вылова. В 2025 г., на фоне резкого увеличения ОДУ до 50,0 тыс. т, общий вылов минтая достиг 33,6987 тыс. т (67,4% ОДУ). В этом году средне- и крупнотоннажные суда совместно выловили 28,9229 тыс. т или 85,8% общего вылова.

До 2017 г. порог освоения имеющихся ресурсов не поднимался выше 54%, в среднем 29,1% объема ОДУ. Это объяснялось неразвитостью специализированного лова минтая в Татарском проливе после 1990-х гг. В 2018-2025 гг. промысел объекта заметно усилился, что связано с улучшением состояния промыслового стада.

Таблица 37

Вылов, ОДУ и освоение ОДУ минтая в Татарском проливе в 2003–2025 гг.

Год	ОДУ, т	Вылов, т	Освоение, %
2003	2600	193,658	7,4
2004	2200	654,41	29,7
2005	1000	338,99	33,9
2006	1000	266,218	26,6
2007	1000	238,082	23,8
2008	1000	418,376	41,8
2009	2500	247,166	9,9
2010	3100	888,766	28,7
2011	3000	1071,308	35,7
2012	2300	1235,211	53,7
2013	3200	776,685	24,3
2014	3200	853,26	26,7
2015	3200	1304,556	40,8
2016	2100	536,944	25,6
2017	1153	322,873	28,0
2018	1600	942,646	58,9
2019	2000	1504,181	75,2
2020	3500	2458,194	70,2
2021	4000	2664,939	66,6
2022	11800	6251,144	53,0
2023	15000	12920,751	86,1
2024	35000	29704,126	84,9
2025	50000	33698,746	67,4
Среднее (2003-2025):	6758,8	4325,706	64,0
Среднее (2016-2025):	12615,3	9100,454	72,1

Длительная тенденция снижения запасов и годового вылова минтая наблюдалась и в смежных водах о-ва Хоккайдо, что объясняется единым популяционным ареалом вида, охватывающим западные воды о-ва Сахалин и о-ва Хоккайдо. В японских водах с 1970 по 1992 гг. вылов менялся в пределах 84–163 тыс. т (рис. 161). С 1993 г. наметилось явное снижение уловов, приведшее в 2010 г. к падению уровня годового вылова до 15 тыс. т. В 2010-е гг. величина вылова в районе снизилась до 5,3–10,6 тыс. т в год. В начале 2020-х гг. вылов все еще оставался на низком уровне, равном 5,1-7,6 тыс. т. Объем российского вылова в Татарском проливе в 2000-е гг. значительно уступал японскому вылову у западного Хоккайдо и составлял всего 1–8% от его величины. В 2010-е гг. это соотношение стало нарастать от 6 до 29%, а в начале 2020-х гг. – от 47 до 169%, т.е. российский флот в настоящее время вылавливает заметно больше, чем японские суда.

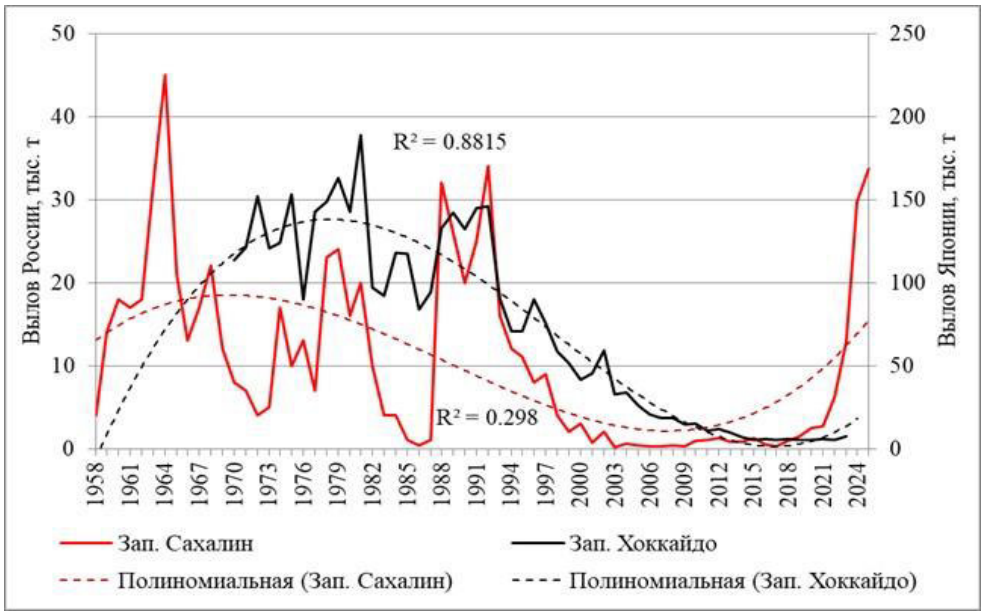


Рис. 161. Общая динамика вылова минтая в североояпономорских водах (западный Сахалин, западное Хоккайдо) в 1958-2025 гг. и ее полиномиальный тренд

В 2010–2018 гг. общий период промысла минтая длился обычно с мая по декабрь. В 2019 г. традиционный летний сезон лова дополнился интенсивным промыслом снюрреводами в январе–феврале на юго-западном склоне Сахалина с глубинами 340-460 м. В эти зимние месяцы половозрелые рыбы образуют плотные зимовальные скопления на склоне. Традиционно эти скопления не эксплуатировались. В 2020 г. суда преимущественно работали в марте-июне (96,7% общего вылова). В 2021-2025 гг. флот вел интенсивный промысел всю первую половину года – с января по июнь и, после длительного перерыва, в октябре-декабре. В последнее десятилетие (2016-2025 гг.), максимальные уловы рыб наблюдались в апреле-июне и в декабре, что в сумме составляло 51% общегодового вылова (рис. 162).

В последнее десятилетие вылов минтая в западных водах Сахалина осуществлялся крупнотоннажными (42,8%), среднетоннажными (19,7%) и

малотоннажными (37,5%) судами, оснащенными снюрреводным и траловым оборудованием (рис. 162). Судами КТФ использовался исключительно разноглубинный трал, суда СТФ преимущественно применяли разноглубинный трал (93,2%) и снюрреводы (6,7%), доля вылова донным тралом у них была минимальной. Основу добычи малотоннажного флота составлял снюрреводный вылов (почти 100%).

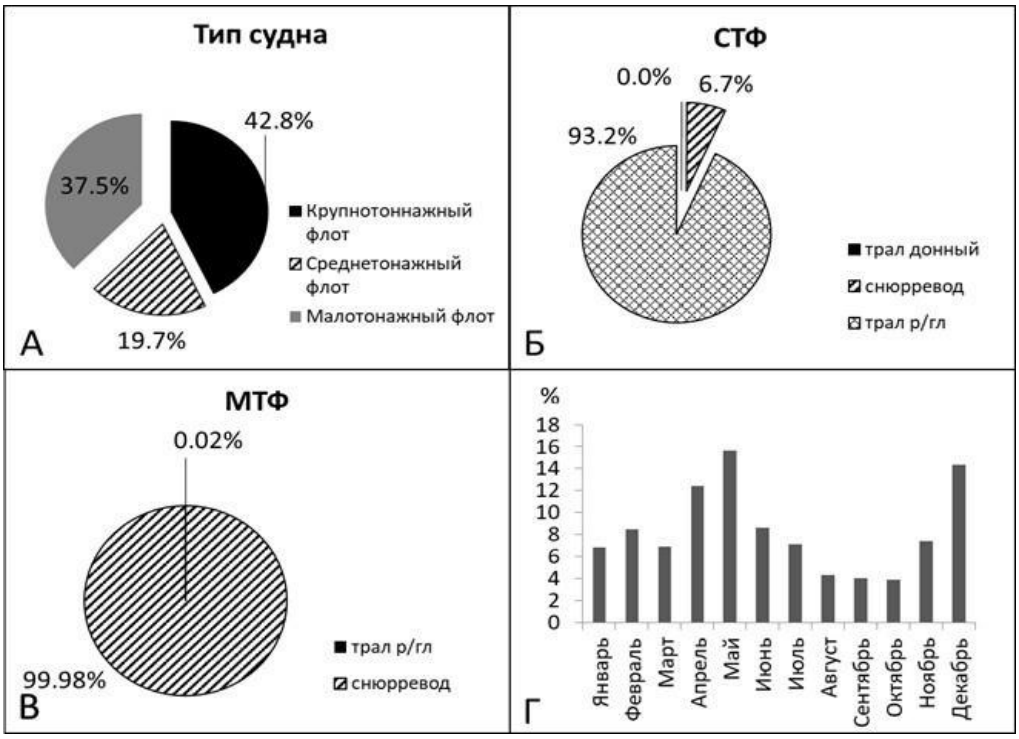


Рис. 162. Среднемноголетняя статистика добычи минтая в Татарском проливе по типу судов (А), орудиям лова (Б, В) в период 2016–2025 гг. (Г)

В летний период года промысел был распространен вдоль юго-западного побережья Сахалина, на глубинах 30–160 м для снюрреводного лова и 230–540 м – для ярусного лова (рис. 163). Суда, оснащенные разноглубинными тралами, предпочитали работать на склоне в диапазоне глубин 145-717, в среднем 441,3 м. Флот осуществлял промысел преимущественно южнее м. Слепиковского (47°30' с. ш.).

За прошедшее десятилетие промысловые уловы на усилие (суточный вылов снюрреводами) у малотоннажных судов типа МРС претерпевали заметные колебания (рис. 164а). С 2007 г. наблюдался тренд на увеличение среднего улова на усилие, прослеживавшийся вплоть до 2013 г. (2,3 т). В 2014–2017 гг. улов на операцию снизился от 2,1 до 0,7 т.

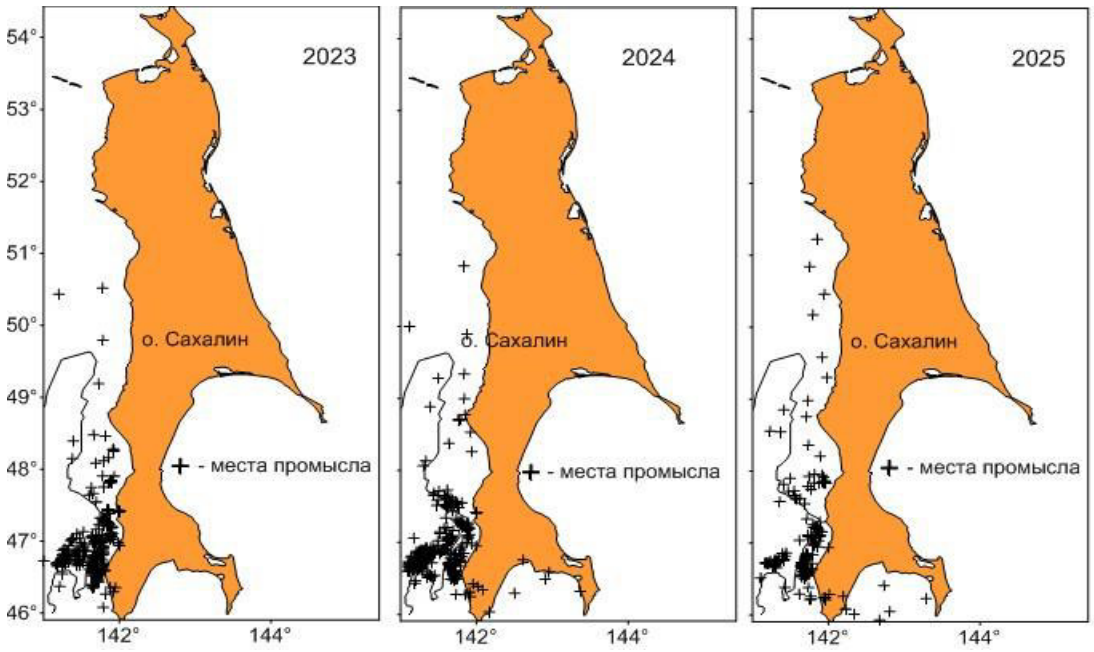


Рис. 163. Район промысла минтая в водах Татарского пролива в 2023-2025 гг.

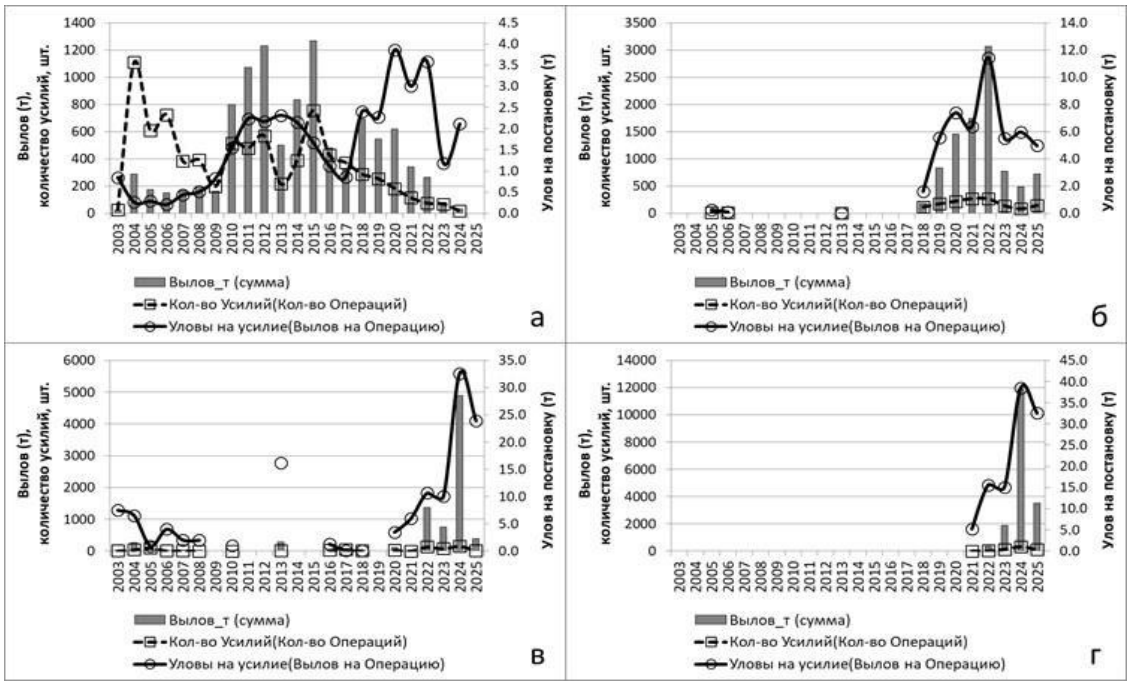


Рис. 164. Многолетняя динамика общего вылова (2003–2025 гг.), количества усилий и уловов на усилие для снюрреводного промысла судов типа МРС (а) и РС (б), а также разноглубинного промысла судов СТФ (в) и КТФ (г)

В 2018-2020 гг. его величина вновь значительно выросла, составив примерно 2,5-3,9 т/опер., причем последняя оценка – максимальная за последние 20 лет. В 2021-2024 гг. средний улов на усилие для МРС показывал существенные колебания, находясь в пределах 1,2-3,6 т/операцию. В 2025 г. снюрреводный промысел МРС отсутствовал. Суда типа РС, показывавшие высокие результаты промысла в последнее пятилетие, в 2023-2025 гг. демонстрировали относительно стабильную величину улова на

усилие, равную 5,0-6,0 т (рис. 164б). Средние уловы на усилие для судов типа СТФ и КТФ кратно увеличивались в 2021-2024 гг. (рис. 164в, г). В 2025 г. у обоих типов судов наблюдалось небольшое снижение этого параметра.

Динамика изменения ежегодного количества усилий (число постановок) МРС показывала тренд снижения в период 2004–2009 гг. После периода существенных скачков в 2010-2016 гг., этот параметр стал постепенно снижаться, достигнув в 2024 г. наименьшего показателя. Общий вылов вида непрерывно возрастал в период увеличения уловов на усилие с 2009 по 2012 гг. В 2013 г. его величина уменьшилась более чем в 2 раза (повлияло уменьшение количества усилий) и затем вновь стала нарастать, достигнув максимума в 2015 г. В последующем, годовой вылов МРС с межгодовыми флюктуациями продолжил снижение. В последние годы происходила целенаправленная замена судов типа МРС типом РС, с последующим расширением существующего флота судами типа СТР, СРТМ, БМРТ, РТМ, РТМКС. В конечном итоге это привело к существенному увеличению общего годового вылова для судов СТФ и КТФ, и заметном сокращении промысла МТФ.

Методы прямого учета. Начиная с конца 1980-х гг., запасы северояпономорской популяции минтая имели отчетливо выраженную многолетнюю тенденцию снижения. В 1960–1970-х гг. запас этой популяции максимально достигал 700 тыс. т на начало года. В середине 1980-х гг. биомасса только придонного минтая у западных берегов о. Сахалин составляла до нескольких сот тысяч тонн. К концу 1990-х гг. доля минтая среди тресковых рыб, по нашим оценкам, снизилась более чем в 2 раза, а к 2003 г., по сравнению с 1980-ми гг., уменьшилась примерно в 26 раз. После этого установился минимальный уровень запасов, сохранявшийся полтора десятилетия.

В 2000-х гг. запасы северояпономорского минтая характеризовались невысокой нерестовой биомассой и слабой концентрацией икры в районах нереста (рис. 165). В 2005 г. икра минтая была отмечена всего на девяти станциях, а ее уловы варьировали от 2 до 28 шт./м^2. Средний улов составил 2,4 шт./м^2. Учтенное количество икры в первой съемке составило 13,0–13,2*10^{11} шт. Полученные величины были близки к оценке 2004 г. (12,67*10^{11} шт.). С учетом общей численности икры, а также размерно-возрастного состава уловов производителей, индивидуальной плодовитости и соотношения полов, расчетная биомасса промыслового запаса составила в 2005 г. около 8,2 тыс. т. Схожими оказались величины промыслового запаса, полученные по данным весенних траловых съемок 2002–2005 гг. При возможной величине коэффициента уловистости трала для минтая на больших глубинах склона 250–600 м, равной 0,25, промысловый запас находился в пределах 6,1–8,3 тыс. т.

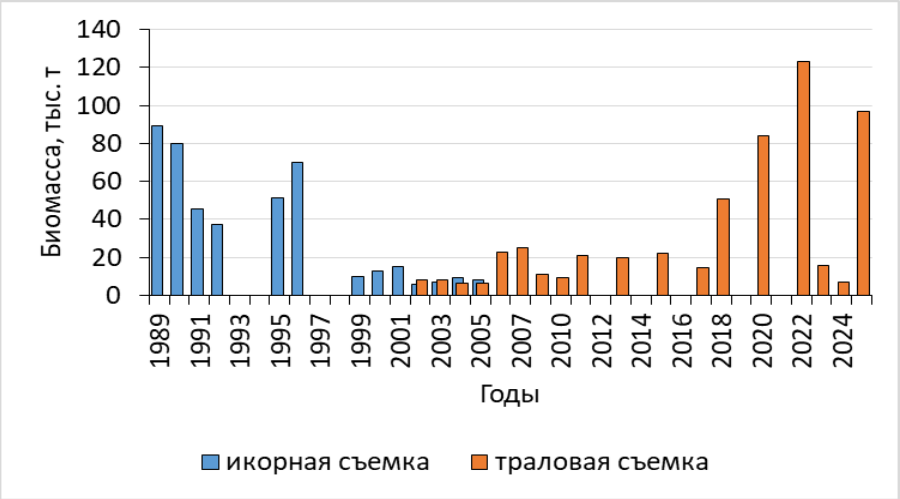


Рис. 165. Расчетная общая биомасса стада по данным учетных съемок

В 2006–2007 гг. промысловый запас вида в Западно-Сахалинской подзоне увеличился до 22,6–25,1 тыс. т, что более чем в два раза превосходило оценки предыдущего пятилетия. В 2009–2010 гг. его величина снизилась до 9,1–11,2 тыс. т, что объяснялось естественной убылью и сменой доминантных групп в половозрелой части стада. В учетных съемках 2011–2015 гг. промысловый запас минтая вновь увеличился до 19,6–22,3 тыс. т. В 2017 г. он оказался ниже ожидаемого и равнялся по данным траловой съемки 14,3 тыс. т. В 2018 г. промысловая биомасса при стандартных коэффициентах уловистости достигла 51 тыс. т. В 2020 г. расчетная величина промысловой биомассы минтая в Западно-Сахалинской подзоне по совместной «ТИНРО» и «СахНИРО» учетной траловой съемке на НИС «Дмитрий Песков», определенная методом прямого учета, составила 84 тыс. т на момент съемки или 97,2 тыс. т на начало года. В 2022 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов», промысловая биомасса минтая увеличилась до 116,7 тыс. т, что указывало на продолжение тренда роста ресурсов вида в районе [О результатах донной траловой съемки …, 2022]. В марте-апреле 2023 г. по результатам учетной съемки на НИС «Дмитрий Песков», промысловая биомасса минтая достигла лишь 15,6 тыс. т, что объяснялось неудачным периодом проведения исследований, при общей нацеленности съемки на учет северной креветки. В эти месяцы рыбы только начинают совершать свои преднерестовые миграции на север вдоль больших глубин юго-западного склона о-ва Сахалин. В 2024 г. результаты траловой съемки в сентябре-октябре вновь продемонстрировали низкий промысловый запас в объеме 7,1 тыс. т. Объяснение заключалось в сезонном снижении численности половозрелого минтая, преимущественно оказавшегося за пределами шельфа. В мае-июне 2025 г. промысловая биомасса вида равнялась 76,8 тыс. т.

Таким образом, имеющаяся информация свидетельствует о том, что в зоне России в 1989–1990 гг. биомасса производителей составляла 80–89 тыс. т, в 1991–1996 гг. – снизилась до 40–70 тыс. т, а в 1999–2005 гг. популяция перешла на новый, катастрофически низкий уровень – менее 10,0 тыс. т. В

2006–2022 гг. уровень ресурсов минтая у западного Сахалина заметно возрос, что связано со вступлением в стадо ряда урожайных поколений, особенно 2006 г. рождения. В 2018–2025 гг. наблюдался существенный прирост запаса, а в возрастной структуре стада доминировали рыбы 2014–2016 гг. рождения. Оценки вышеуказанных лет учета свидетельствовали о значительном увеличении ресурсов вида, а современная биомасса стада находится в пределах 77-123 тыс. т. Расчеты запасов вида в 2023-2024 гг., по всей видимости, были не показательными, ввиду проведения траловых съемок в неподходящие для учета минтая сезоны.

Запасы минтая у западных берегов о-ва Хоккайдо в 1987–1991 гг., по данным когортного анализа, выполненного японскими исследователями, составляли 722–868 тыс. т. С 1992 г. наметилось уменьшение его величины, приведшее к 2007 г. к примерной биомассе 89 тыс. т. В 2013 г. промысловая биомасса уменьшилась до 76,2 тыс. т. В последующие годы последовал рост ресурсов, с достижением в 2024 г. расчетного уровня 310,0 тыс. т.

Динамика размерно-возрастных показателей минтая и данные учетных съемок показывают, что состояние популяции в начале 2000-х гг. было обусловлено чередой низкоурожайных поколений, появлявшихся на протяжении длительного промежутка времени [Ким Сен Ток, 2019].

В 2010-х гг. основу стада представляли последовательно поколения повышенной урожайности 2007–2008, 2010 -2014 гг. рождения. Это продемонстрировали данные не только траловых учетных станций, но и структура снюрреводных промысловых уловов 2015 г. (рис. 166, 167).

В 2020-2021 гг. в траловых и снюрреводных уловах стали доминировать рыбы в возрасте 5 лет, т.е. поколения 2015-2016 гг. рождения. Вместе с тем, в учетной съемке 2020 г. выделялись своей численностью годовики, что указывало на возможность хорошего пополнения промыслового стада в ближайшей перспективе. В 2022 г. при отсутствии явно выраженного доминирующего поколения, структура стада сгладилась, а ее основу представляли 6-7 летки тех же 2015-2016 гг. рождения. В 2023 г. в промысловом стаде преобладали 4-летки 2019 г. рождения, при этом в уловах донного трала было отмечено уверенное доминирование сеголеток и 3-леток 2020 и 2022 гг. рождения. В 2024 г. доминантными группами стали поколения 2020-2021 гг., а в донных уловах, наряду с ними, широко отмечались сеголетки. В 2025 г. доминировали поколения 2021-2022 гг., в траловых уловах донного трала преобладали 3-5 летки, а также сеголетки. Информация 2016-2025 гг. указывала на высокую селективность промысла, при котором снюрреводами изымались преимущественно 5-летки, в то время как в траловой учетной съемке могли доминировать рыбы младшего возраста. Разноглубинным промыслом преимущественно изымались среднеразмерные особи 3-5-летнего возраста.

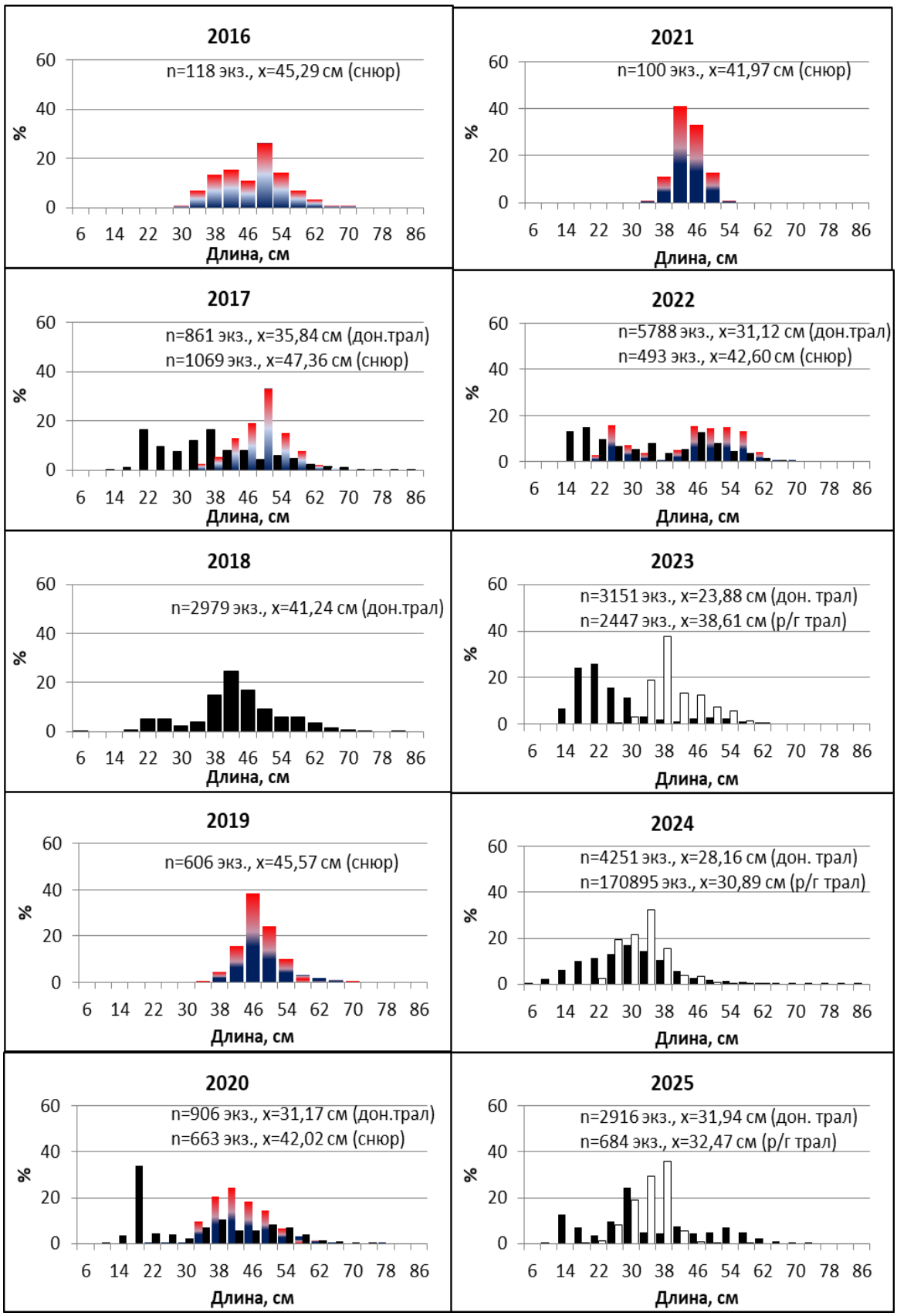


Рис. 166. Размерный состав минтая в Татарском проливе в 2016–2025 гг. (черные столбцы –траловая съемка, цветные – снюрреводный промысел)

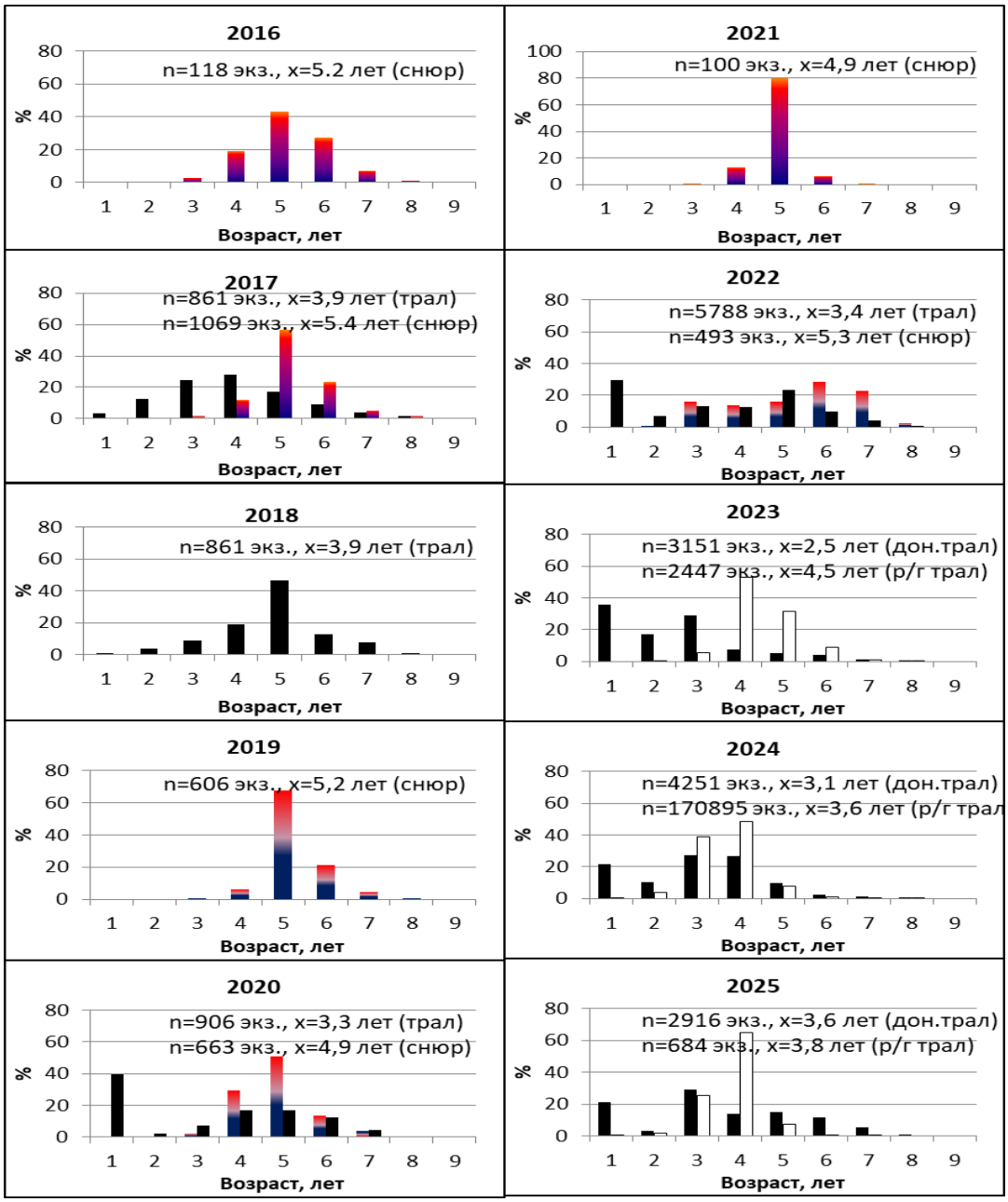


Рис. 167. Возрастной состав минтая в Татарском проливе в 2016–2025 гг. (черные столбцы – траловая съемка, цветные – снюрреводный промысел)

В целом, поколения 2015–2016, 2019-2022 гг., доминирующее положение которых в структуре стада было отмечено в 2020–2025 гг., можно считать среднеурожайными. В последние годы заметно изменилась структура стада, увеличилась численность младшевозрастных особей. На их фоне снижается доля рыб промысловых размеров. В ближайшей перспективе можно ожидать успешного пополнения стада поколениями 2021-2022 гг. рождения.

Метод когортного анализа. Структура и качество доступного информационного обеспечения для прогноза общедопустимого улова минтая Западно-Сахалинской подзоны соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104). Согласно вышеупомянутому

приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

В настоящем прогнозе используется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана UKS (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022].

В качестве входной информации для модели использованы:

– матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 1 до 9 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2025 г.);

– среднемноголетние значения массы (рис. 168), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);

– мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

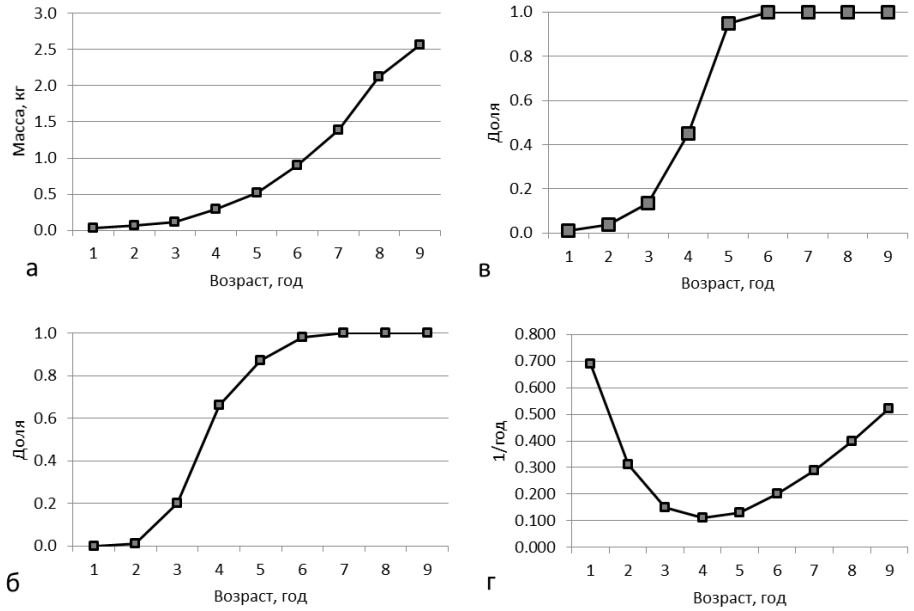


Рис. 168. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы минтая западного Сахалина методом когортного анализа, а – масса рыб по возрастным группам, б – доля половозрелых рыб, в – доля рыб, достигших промыслового размера, г – мгновенные коэффициенты естественной смертности

Стандартизацию ССД с 2004 по 2025 гг. провели в GLM по формуле (1) в языке программирования R [R Core Team, 2026], следуя методике, учитывающей индивидуальные различия по судам в дополнение к учёту различий по годам и месяцам [Bentley et al., 2011]. Величины суточных уловов более 266 т не учитывались. Таким образом, не используется 57 ССД (максимальный улов которых доходил до 1352,4 т, а минимальный 266,3 т со средним уловом 796,1 т за судосутки) из 5565 ССД, сохранённых в Западно-Сахалинской подзоне с уловом минтая.

$$Ln(c_i) = \alpha^{Y}_{y_i} + \alpha^{M}_{m_i} + \alpha^{V}_{v_i} + \varepsilon, \qquad (1)$$

где: $Ln(c_i)$ – натуральный логарифм *i*-го улова c_i в тоннах за 1 день по каждому судну из ССД, $\alpha_{y_i}^{Y}$ – коэффициент *i*-го года (y_i) из вектора соответствующих коэффициентов лет *Y*, аналогичны коэффициенты по месяцам (*M*) и кодам судов (*V*), ε – нормальная ошибка с математическим ожиданием на уровне общего смещения.

Настроенная GLM описала 57,9% девианса, составленных из 24,8% по $\alpha_{y_i}^{Y}$, 3,2% по $\alpha_{m_i}^{M}$ и 29,9% по $\alpha_{v_i}^{V}$. Ошибка коэффициентов лет находилась от 0,11 до 0,17, а в среднем была ниже 0,14, но в первый год оценки (2025) с учётом общего смещения ошибка достигла 0,93, что можно признать малоинформативной оценкой. Коды месяцев имели большое влияние на стандартизацию (рис. 169), но максимальное влияние в GLM имели коды судов (рис. 170).

Согласно оценке влияния кодов судов в GLM, состав флота резко изменялся, особенно в последние годы. Например, CPUE без GLM завышают рост вылова на усилие, что отлично видно на графике последовательной стандартизации (рис. 171).

Калибровка стандартизированного CPUE проведена по данным съёмок, оценённых в «ТИНРО», в модели REMA [Sullivan et al., 2022; Sullivan, Balstad, 2022] (рис. 172).

При последовательном укорачивании рядов наблюдений до 5 лет в прошлое был оценён показатель Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999] с 2020 по 2024 гг. относительно терминальной настройки (2025 г.).

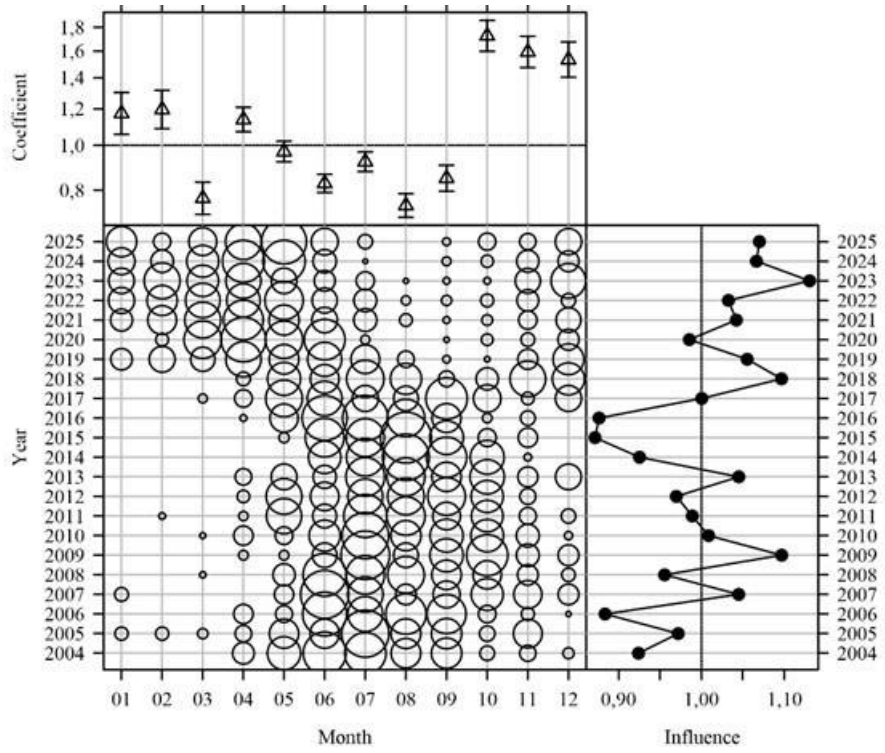


Рис. 169. Влияние (Influence) коэффициентов (Coefficient) месяцев (Month) в GLM по годам (Year)

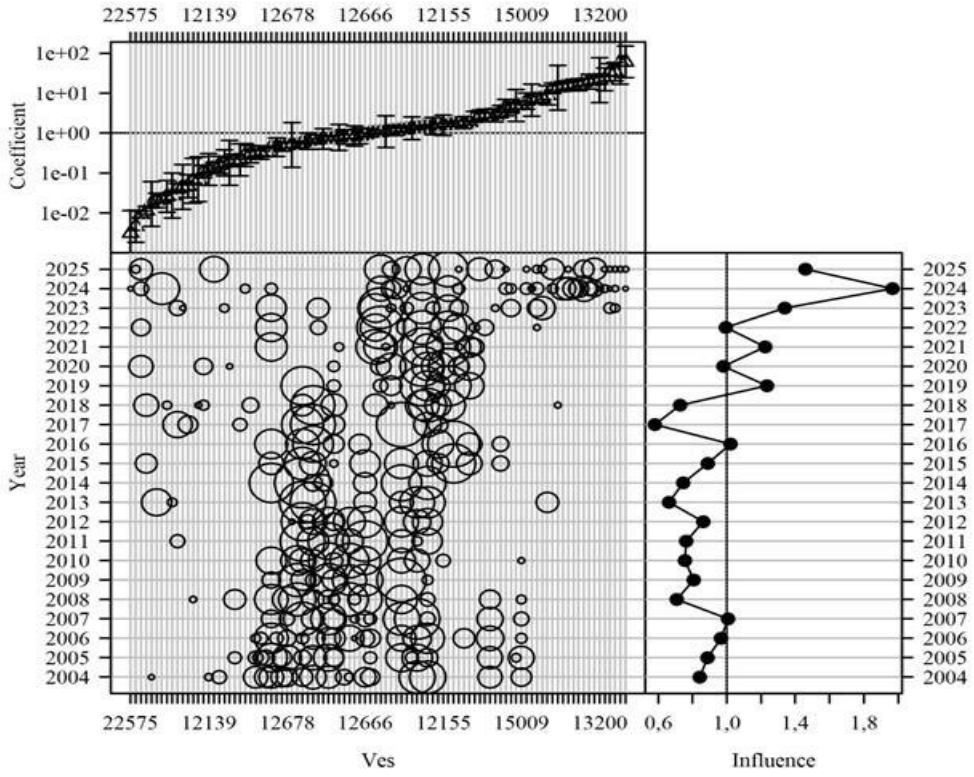


Рис. 170. Влияние (Influence) коэффициентов (Coefficient) кодов судов (Ves) в GLM по годам (Year)

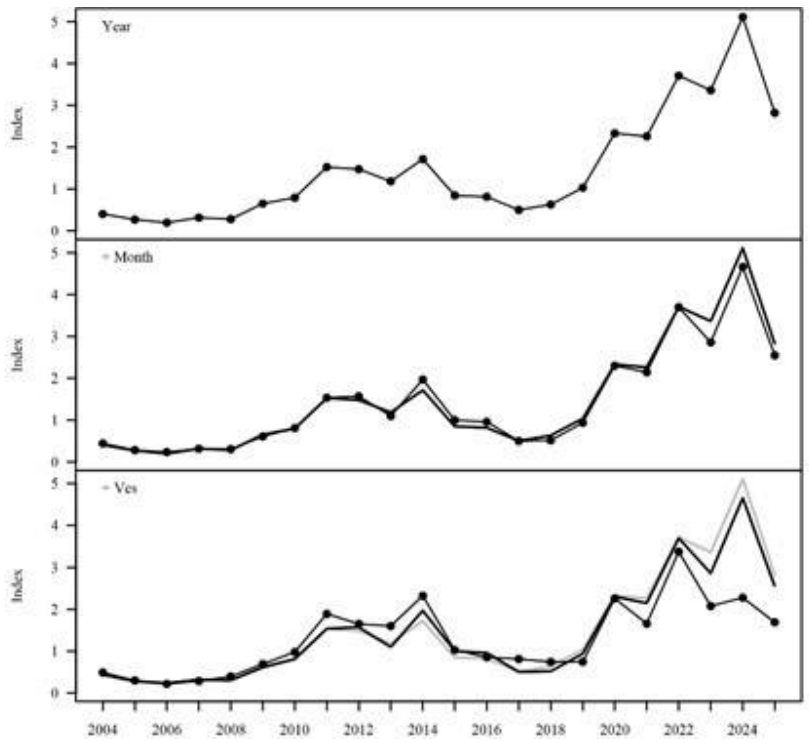


Рис. 171. Изменение оценок индексов (Index) по годам при добавлении таких факторов стандартизации как месяц (+ Month) и код судна (+Ves) в GLM

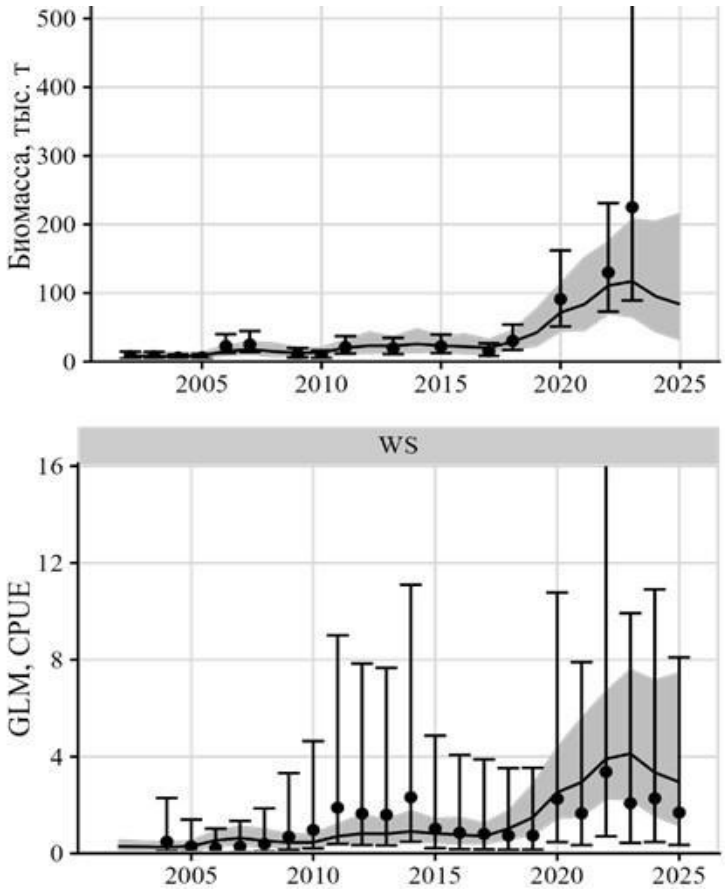


Рис. 172. Динамика индексов запасов: вверху – биомасса по оценкам «ТИНРО», внизу – индекса CPUE с коррекцией в REMA (черная линия с доверительным интервалом, показанным серой заливкой)

Значимые отклонения в динамике нерестовой биомассы, требующие упреждающей коррекции, не были обнаружены (рис. 173), но промысловая смертность F с учётом новых данных систематически значительно занижалась (рис. 174). Итак, требуется пересмотр ориентиров управления.

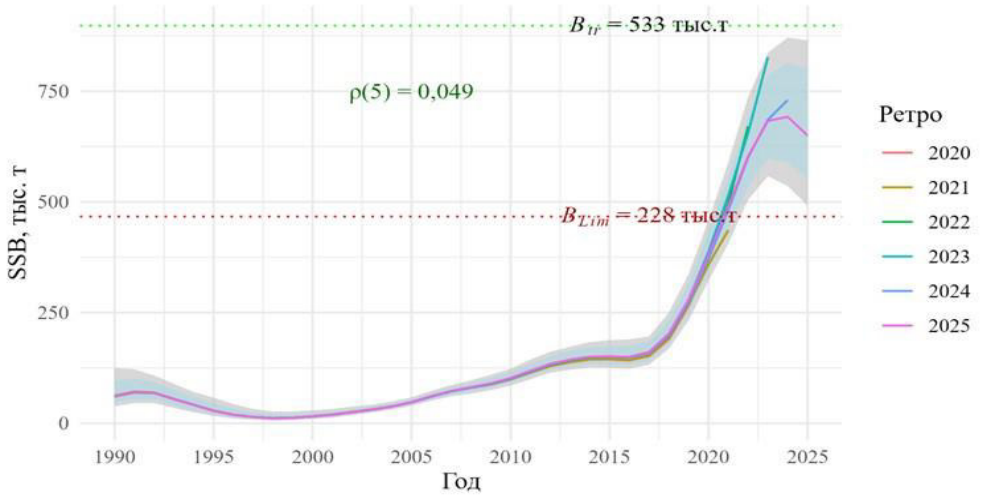


Рис. 173. Ретроспективный анализ нерестовой биомассы (SSB) в модели UKS для оценки состояния запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан доверительный интервал (C.I.) 95%, а синей C.I. 80% терминальной настройки (2025 г.)

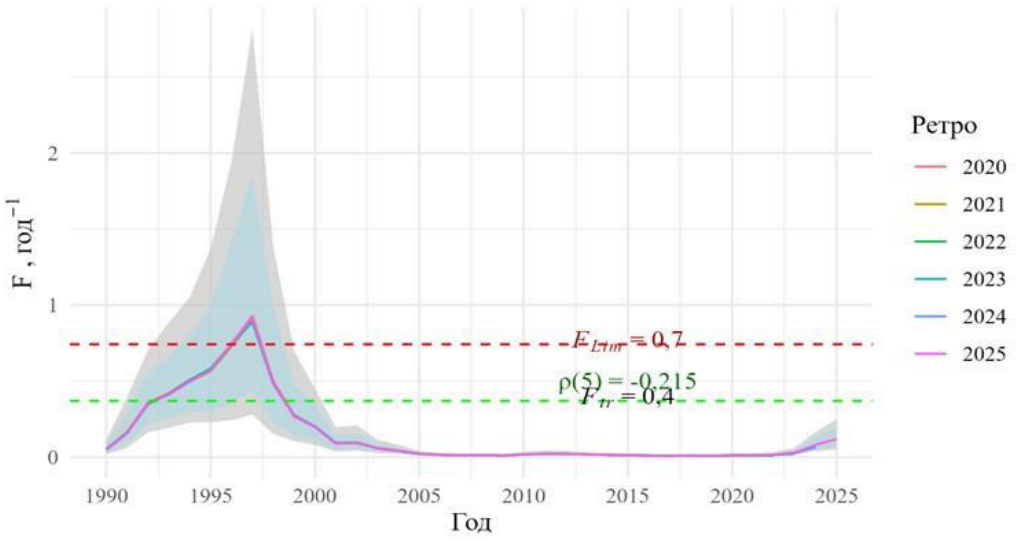


Рис. 174. Ретроспективный анализ промысловой смертности (F) в модели UKS для оценки состояния промысла или эксплуатации запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан C.I. 95%, а синей C.I. 80% терминальной настройки (2025 г.)

Терминальная настройка СКМ с UKS подошла к индексам в разной степени, но лучше всего к индексу уязвимой биомассы по GLM, откалиброванному в REMA модели (рис. 175).

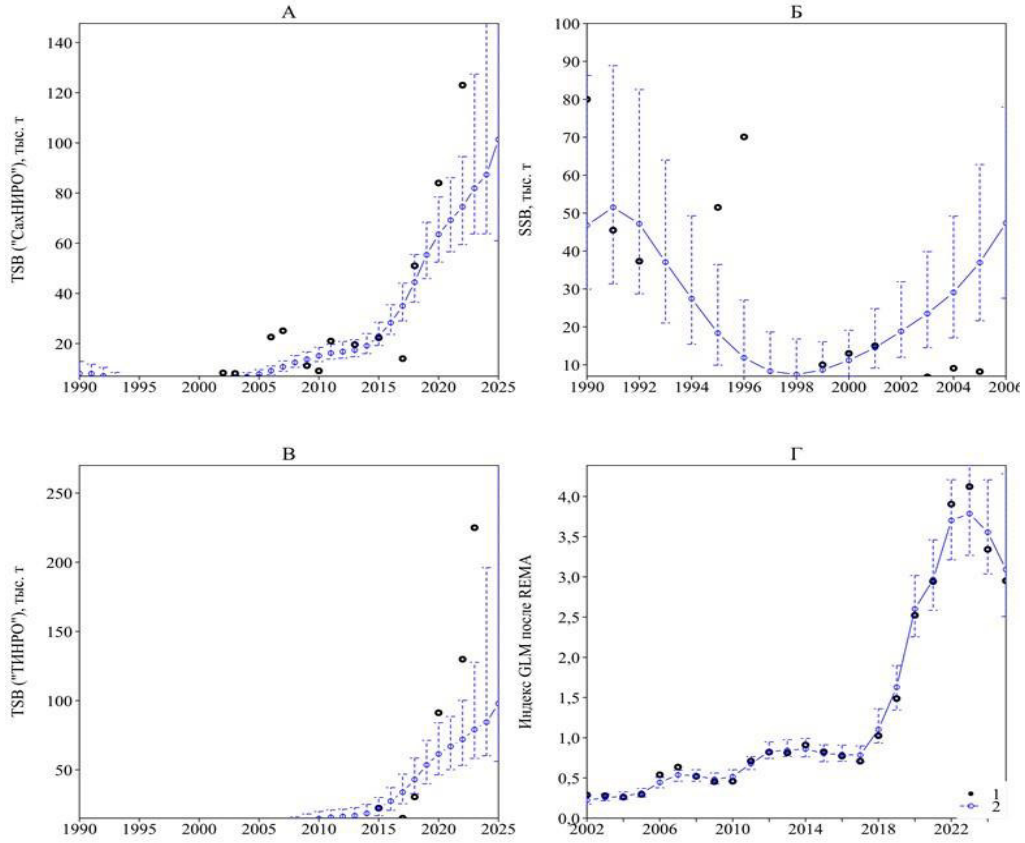


Рис. 175. Сравнение индексов (1) TSB из данных «СахНИРО» (А) и «ТИНРО» (В), SSB (Б) и индекса уязвимой биомассы по GLM (Г) с модельными оценками СКМ с UKS (2) с 90% доверительными интервалами

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве были определены по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло из 1000 испытаний (табл. 38).

Таблица 38

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров минтая в Западно-Сахалинской зоне

	2,5%	**5%**	**25%**	**50%**	**75%**	**95%**	**97,5%**	**Среднее**	**SE**
F_{Lim} (Caddy)	0,865	0,891	1,019	1,120	1,235	1,430	1,505	1,134	0,165
F_{MSY} (Рикер), 1/год	0,236	0,248	0,304	0,372	2,000	2,000	2,000	1,066	0,841
F_{MSY} (Бивертон-Холт), 1/год	0,080	0,099	0,165	1,404	2,000	2,000	2,000	1,094	0,909
F45%, 1/год	0,534	0,546	0,590	0,625	0,666	0,738	0,765	0,632	0,060
F40%, 1/год	0,626	0,643	0,698	0,742	0,796	0,894	0,930	0,752	0,079
F35%, 1/год	0,739	0,760	0,830	0,888	0,960	1,100	1,149	0,904	0,108
F0.1, 1/год	0,893	0,906	0,966	1,007	1,052	1,119	1,144	1,010	0,065
F_{med}, 1/год	0,462	0,498	0,593	0,665	0,739	0,849	0,884	0,668	0,110
F_{max}, 1/год	1,751	1,853	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,981	0,064
$F_{Lim.B20bvi}$r, 1/год	1,333	1,381	1,578	1,782	2,000	2,000	2,000	1,757	0,221
$_{FLim.B25bvir}$, 1/год	1,069	1,100	1,230	1,352	1,502	1,819	1,954	1,387	0,216
$B_{20.Bvir}$, тыс. т	128	137	180	241	351	949	1464	364	491
$B_{25.Bvir}$, тыс. т	154	167	221	290	427	1132	1819	442	597
B_{MSY} (Рикер), тыс. т	202	220	470	898	1950	12589	22849	3619	17368
B_{MSY} (Бивертон-Холт), тыс. т	50	74	258	912	1919	10415	18104	4033	23626
B_{med}, тыс. т	287	303	388	498	728	1854	2926	754	1037

Из числа указанных ориентиров в качестве целевого ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали 50% процентиль оценки F_{MSY} по Рикеру = 0,372 1/год.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали 50 % процентиль оценки F40% = F_{Lim} = 0,742 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе приняли значение, соответствующее целевому ориентиру B_{tr} = SSB(F_{tr}) = 898 тыс. т на кривой равновесной биомассы на рекрута при средней за 10 лет величине пополнения с 2014–2025 гг. около 3340,4 млн рыб (рис. 176).

Граничный ориентир по нерестовой биомассе определили на уровне SSB(F_{Lim}) = B_{Lim} = 467 тыс. т.

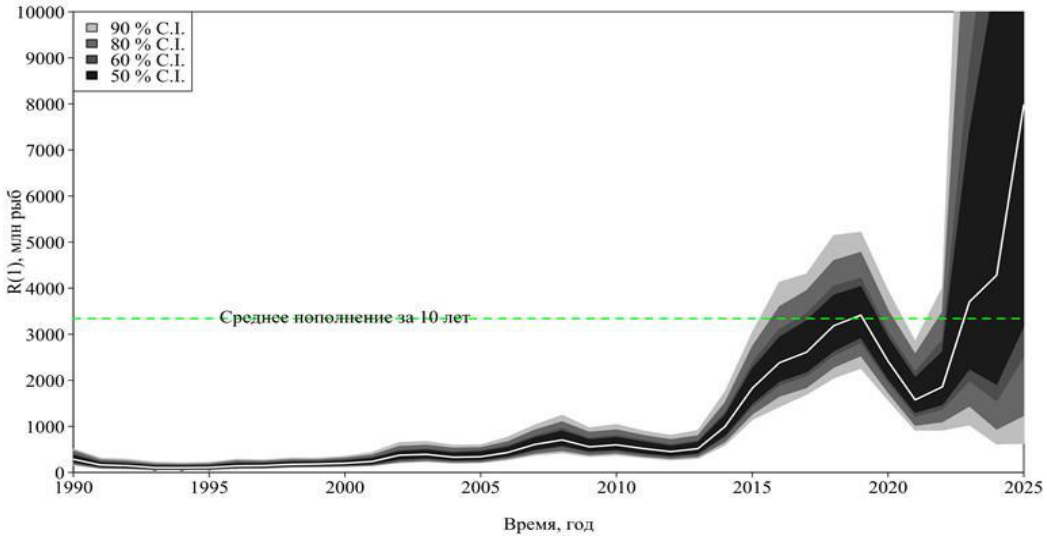


Рис. 176. Пополнение в СКМ с UKS годовиками с перцентилями доверительных интервалов (C.I.) и уровень среднего пополнения с 2024 по 2025 гг.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется с целью эксплуатации запаса в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла.

Предлагаем кусочно-линейное ПРП, которое будет пропорционально снижать рекомендуемую долю изъятия запаса при снижении биомассы ниже целевого ориентира. Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации…, 2018]:

$I - F_i = 0$, при $B_i < B_{Lim}$,

$II - F_i = (F_{tr} - F_0)\cdot(B_i - B_{Lim})/(B_{tr} - B_{Lim}) + F_0$, при $B_{Lim} < B_i < B_{tr}$,

$III - F_i = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$,

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина промысловой эксплуатации; B_i – величина запаса в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по биомассе, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по промысловой эксплуатации; F_0 – рекомендуемая эксплуатация для проведения научных исследований, пока роли не играет и равна 0; B_{tr} – целевой ориентир по биомассе, тыс. т.

Проверка корректности выбора F_{tr} проведена в результате анализа рисков в СКМ с UKS, который показал, что выбранные целевые уровни F имеют невысокие риски перелова по пополнению.

Прогнозирование состояния запаса

Даже при 100 % освоении ОДУ в 2026 г. (60 тыс. т) уровень F будет ниже F_{tr} (рис. 177), а последующая эксплуатация согласно ПРП не приведёт к перелову по пополнению (рис. 178), вероятность которого ($SSB < B_{Lim}$) в 2027 г. составит всего 0,142.

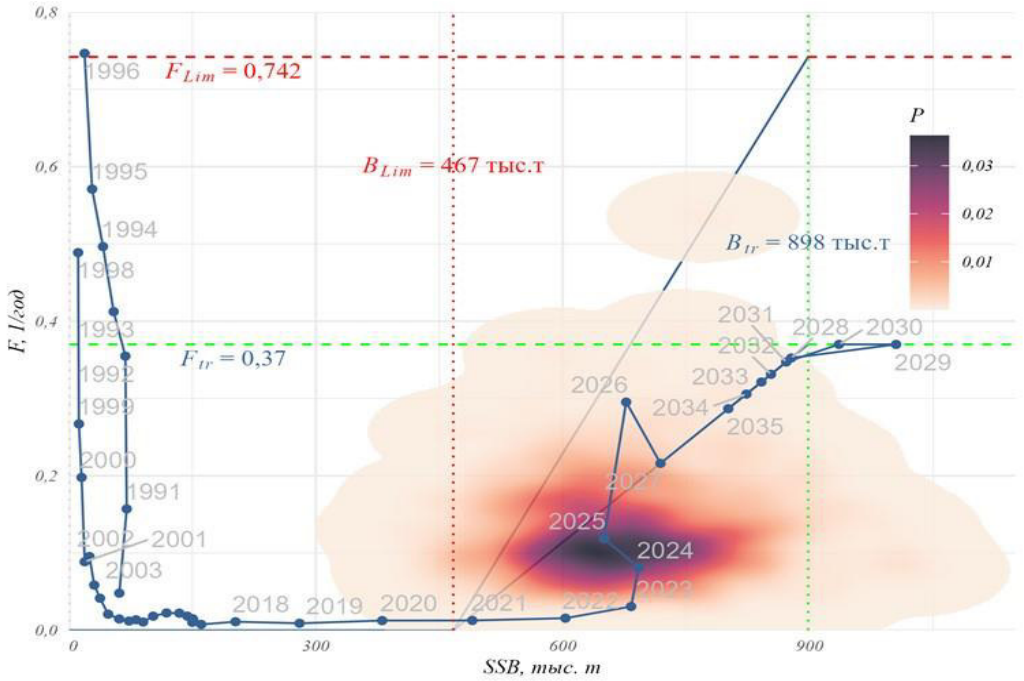


Рис. 177. Плотность вероятностного распределения состояния запаса в 2025 г. (P), а также прогноз реализации ПРП при вылове в 2026 г. 60 тыс. т и последующей эксплуатации на 10 лет вперёд при среднем за 10 последние лет пополнении

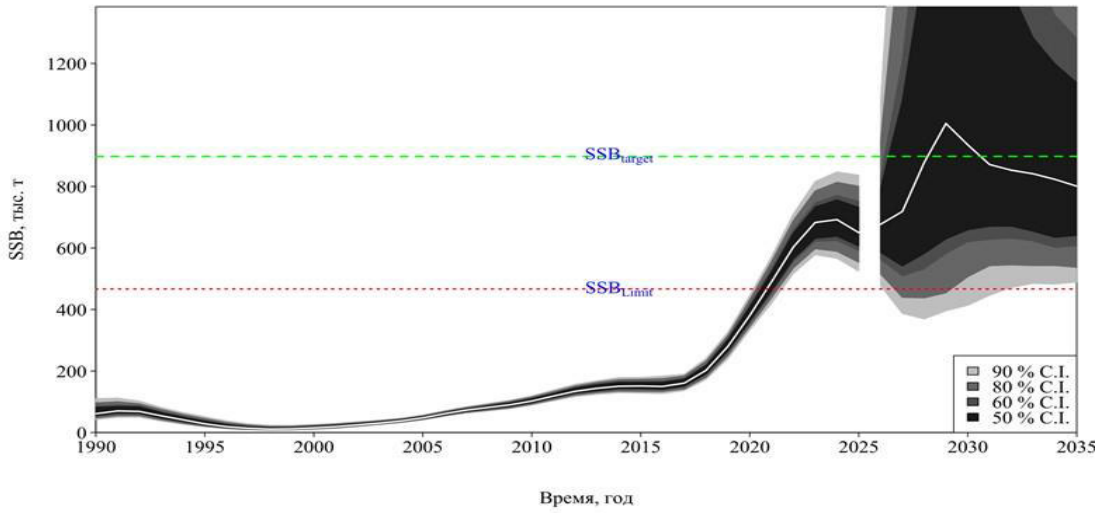


Рис. 178. Прогноз процентилей C.I. SSB в UKS при вылове в 2026 г. 60 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне

Вероятности рассчитаны методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949]. На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учётом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращённой вперёд когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого

числа реализаций (1000) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперёд использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует предполагаемому улову, равному 60 тыс. т. Коэффициенты селективности — средние за последние 10 лет значения. В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность годовиков, равную 3340,4 млн рыб.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы представлены в таблице 39. На начало 2026 г. медианная оценка нерестового запаса составила 718 тыс. т, а на начало 2027 г. — 960 тыс. т. Прогноз SSB выходит слишком оптимистичным из-за аномально высокой доли молоди в уловах 2024 г. (более 80%), что ведёт в высочайшей неопределённости оценки F в перспективе (рис. 178) и прогноза с максимумом SSB в 2027 г. (рис. 177).

Таблица 39

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) в 2026–2027 гг. и возможного вылова (C) минтая в 2027 г. при улове 60 тыс. т в 2026 г.

	2,5%	**5%**	**25%**	**50%**	**75%**	**95%**	**97,5%**	**Средний**	**SE**
SSB(2026), тыс. т	450	477	585	677	794	1079	1283	718	219
SSB(2027), тыс. т	346	387	541	719	1080	2192	2940	960	827
C(2027), тыс. т	0,0	0,0	10,5	57,6	166,8	393,2	541,8	117,5	164,8

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Оценки нерестовой биомассы на начало 2027 г. соответствуют области восстановления запаса (рис. 179).

Величину вылова в прогнозный год для каждой из 1000 имитаций различного пополнения и прочих терминальных оценок рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$$

, где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

$Frec_i$ — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

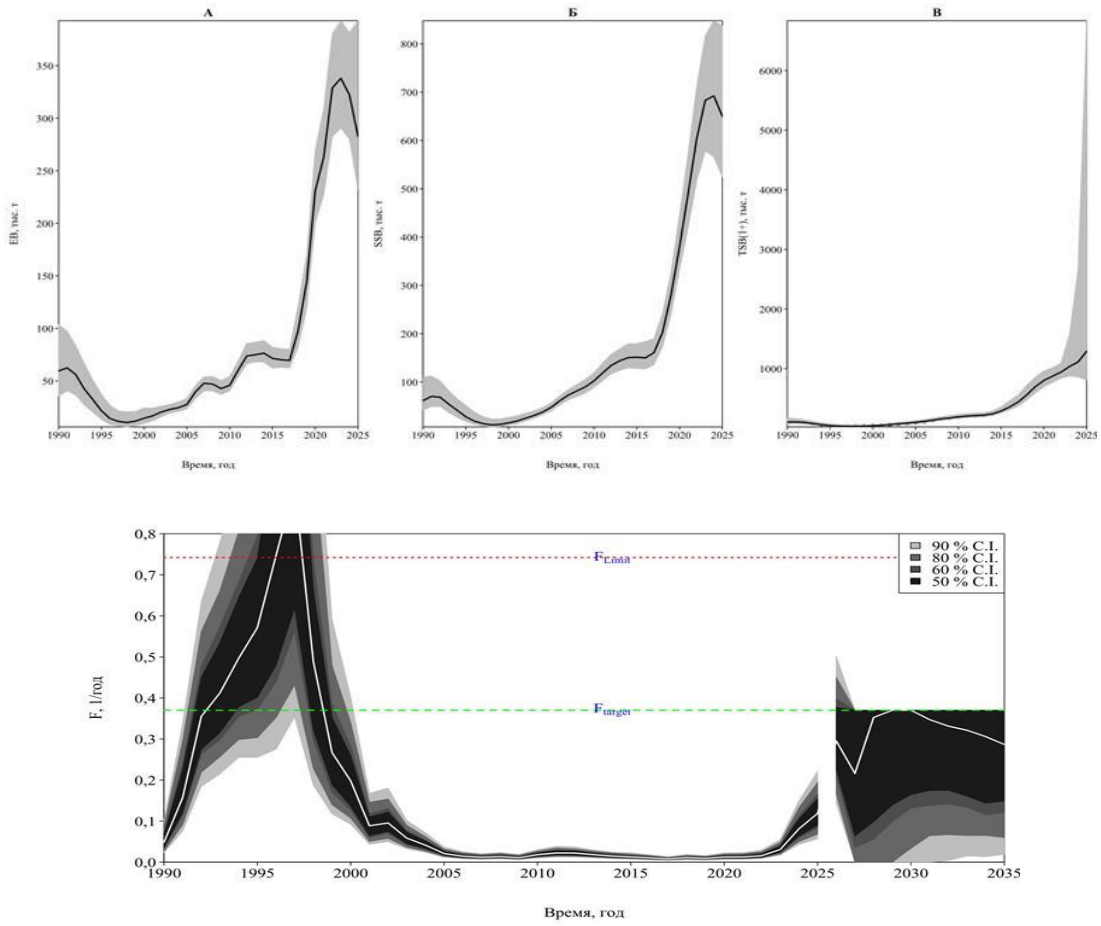


Рис. 179. Динамика оценок: А – уязвимой биомассы (EB), нерестового запаса (SSB) и общей биомассы (TSB, 1+) в СКМ с UKS (вверху) и F (внизу)

Принимая во внимание, что на оценку сильно повлияло аномально высокое пополнение последних нескольких лет, рекомендуем следовать предосторожному подходу и сохранить уровень ОДУ 2026 г., который примерно равен 51% его вероятного распределения около 60,4 тыс. т. (табл. 40), а не среднему ОДУ в 117,5 тыс. т, у которого ошибка примерно равна самому ОДУ 164,8 тыс. т (табл. 40).

Таблица 40

Статистические характеристики возможного вылова (С) минтая в 2027 г. при улове 60 тыс. т в 2026 г.

	46%	**47%**	**48%**	**49%**	**50%**	**51%**	**52%**	**53%**	**54%**
С(2027), тыс. т	44,9	48,8	51,2	53,7	57,6	60,4	64,6	69,1	73,7
С(2028), тыс. т	102,7	108,9	117,1	122,9	128,2	133,5	138,3	149,1	154,4
С(2029), тыс. т	143,8	148,7	155,3	161,9	163,5	167,4	173,8	177,6	181,5
С(2030), тыс. т	118,3	124,1	127,3	130,0	133,0	136,0	139,4	143,3	145,3
С(2031), тыс. т	92,6	95,5	98,4	100,0	102,9	105,0	108,9	112,1	115,4
С(2032), тыс. т	85,2	86,8	90,3	92,6	94,7	97,8	100,1	101,7	103,5
С(2033), тыс. т	83,7	86,1	87,9	90,5	93,3	95,9	97,7	99,4	100,9
С(2034), тыс. т	75,5	77,6	79,8	82,6	85,5	87,4	93,4	97,2	99,8
С(2035), тыс. т	71,4	74,5	77,2	79,8	83,4	86,3	88,5	89,6	94,4

Таким образом, рекомендуем установить **ОДУ минтая в Западно-Сахалинской подзоне в 2027 г.** равным **60,000 тыс. т**.

Следование ПРП в СКМ с UKS позволит сохранить положительную тенденцию по увеличению ОДУ до 2029 г., если сохранится достаточно высокий уровень пополнения последних 10 лет, заложенный в данный расчёт, а с 2030 г. начнётся снижение ОДУ из-за того, что аномально высокое пополнение предыдущих 3 лет начнёт становиться менее доступным для промысла по причине высокой естественной смертности и снижающейся селективности для рыб старше 5 лет.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперёд) SSB минтая не опустится ниже B_{Lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 180).

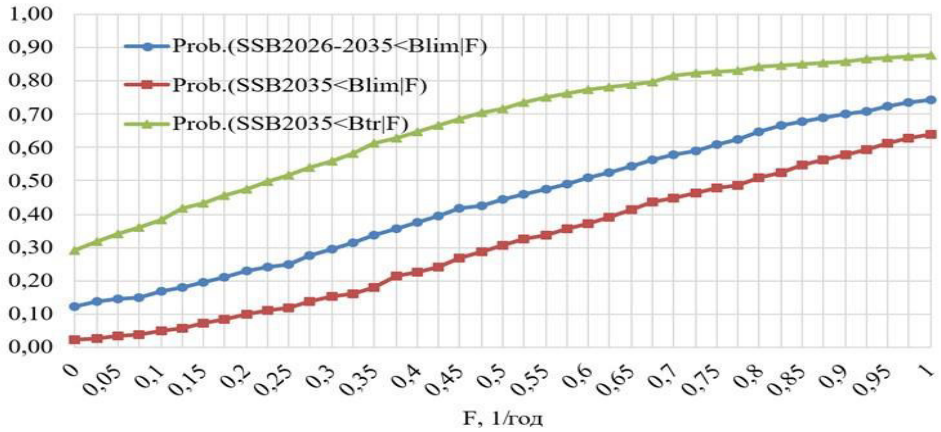


Рис. 180. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0{,}1–0{,}2$. Следовательно, стратегия управления приемлема.

В рамках анализа рисков нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению находится от 0,2 до 0,3, а по росту от 0,5 до 0,6 в пределах улова от 0 до 60 тыс. т (рис. 181).

Несмотря на то, что максимальные ошибки СКМ с UKS наблюдаются в самых младших возрастных группах до 3 лет и их сцепленности во времени (рис. 182), в целом высоких сблокированных ошибок в промысловом запасе не наблюдается (рис. 183), а динамика следов ковариационных матриц не

очень сильно разошлась (рис. 184). Следовательно, неопределенность в оценке параметров не очень высокая между этими двумя величинами. Оценки параметров с коэффициентом вариации (CV) показаны в таблице 41.

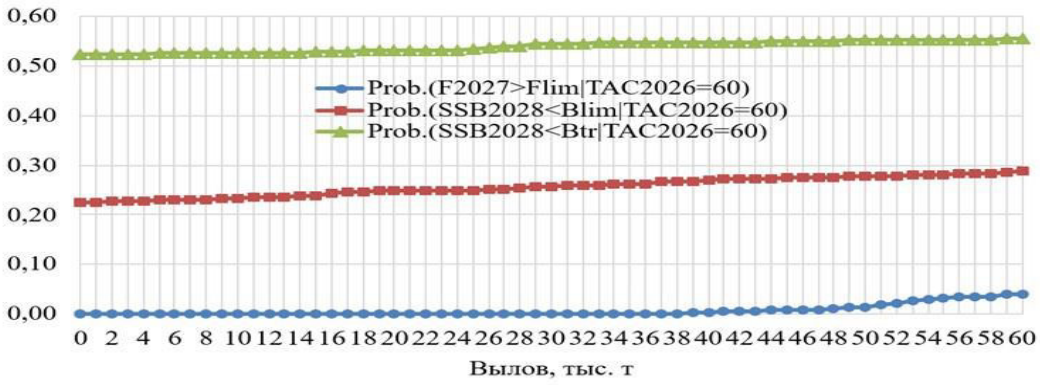


Рис. 181. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для минтая в Западно-Сахалинской подзоне при 100% освоении ОДУ в 2026 г. (60 тыс. т) и различных уловах от 0 до 60 тыс. т в 2027 г.

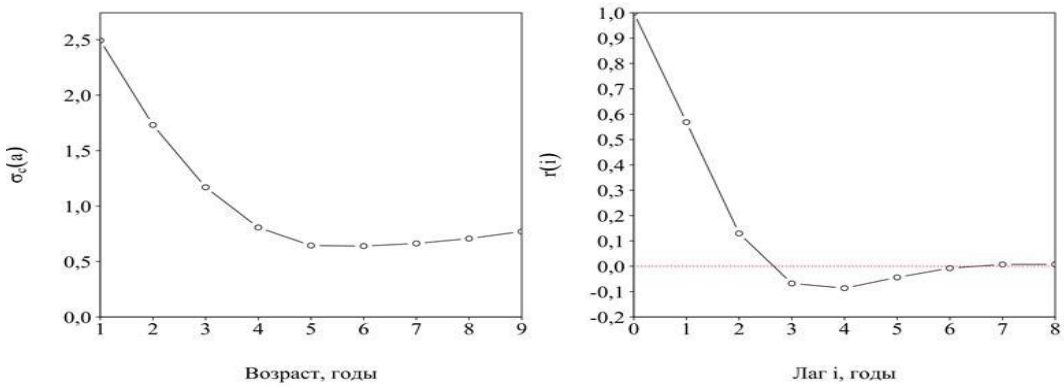


Рис. 182. Изменение стандартного отклонения ошибки наблюдения в уловах в зависимости от возраста рыб (слева) и автокорреляция AR2 (справа)

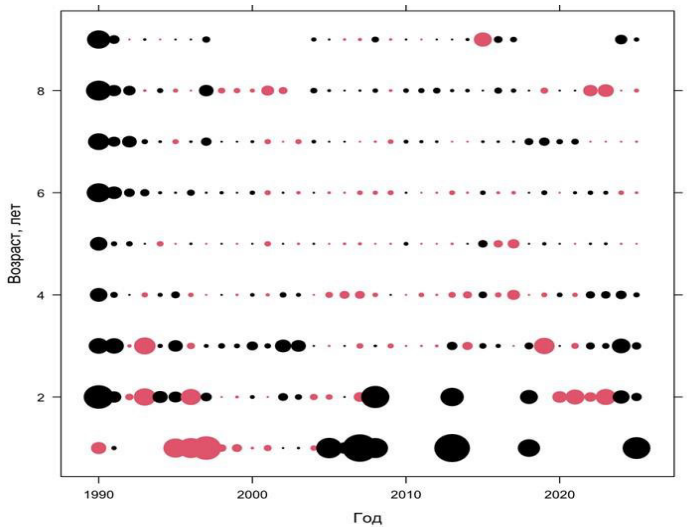


Рис. 183. Логарифмические невязки в СКМ с UKS

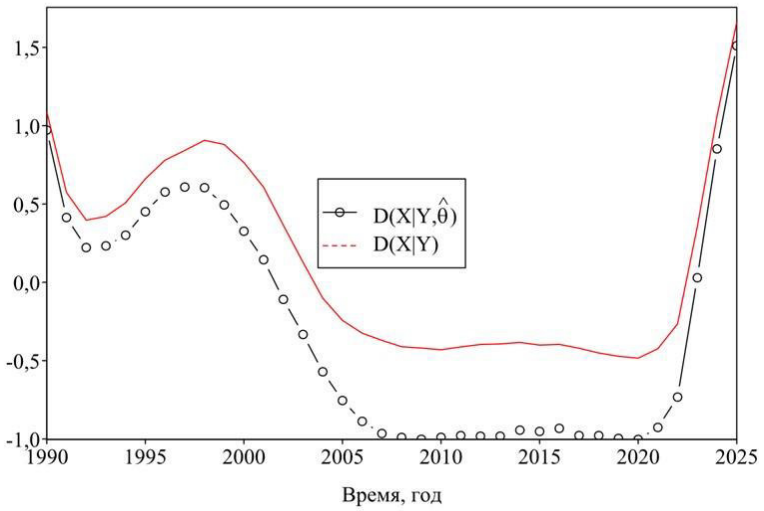


Рис. 184. Динамика следов ковариационных матриц

Таблица 41

Оценки параметров СКМ с UKS с коэффициентом вариации (CV)

Имя параметра	Значение	CV	Комментарий
qFSB	0,015	1%	для REMA(GLM(CPUE))
qSSB	1,032	29%	для SSB
qTSB	0,105	11%	«СахНИРО»
qTSB	0,102	17%	«ТИНРО»
proc_sigma_f	0,336	29%	
proc_sigma_r1	0,011	78%	
proc_sigma_r2	0,024	82%	
proc_sigma_r3	0,001	7%	
obs_sigma_C_par1	5,313	4%	
obs_sigma_C_par2	0,635	10%	
obs_sigma_C_par3	0,100	3%	
obs_sigma_C_par4	0,010	2%	
obs_sigma_FSB	0,004	109%	для REMA(GLM(CPUE))
obs_sigma_SSB	1,000	2%	для SSB
obs_sigma_TSB	0,046	59%	«СахНИРО»
obs_sigma_TSB	0,067	100%	«ТИНРО»
AR2_par1	2,077	10%	
AR2_par2	1,287	25%	
M	0,564	10%	

Крайне высокие CV находятся для ошибок наблюдения по промысловой статистике (109%) и оценкам общей биомассы, подготовленным в «ТИНРО» (100%). Также высокий CV обнаружен по параметрам селективности r1 и r2 (78% и 82%, соответственно). В последние годы селективность сдвигается на более молодых рыб (рис. 185).

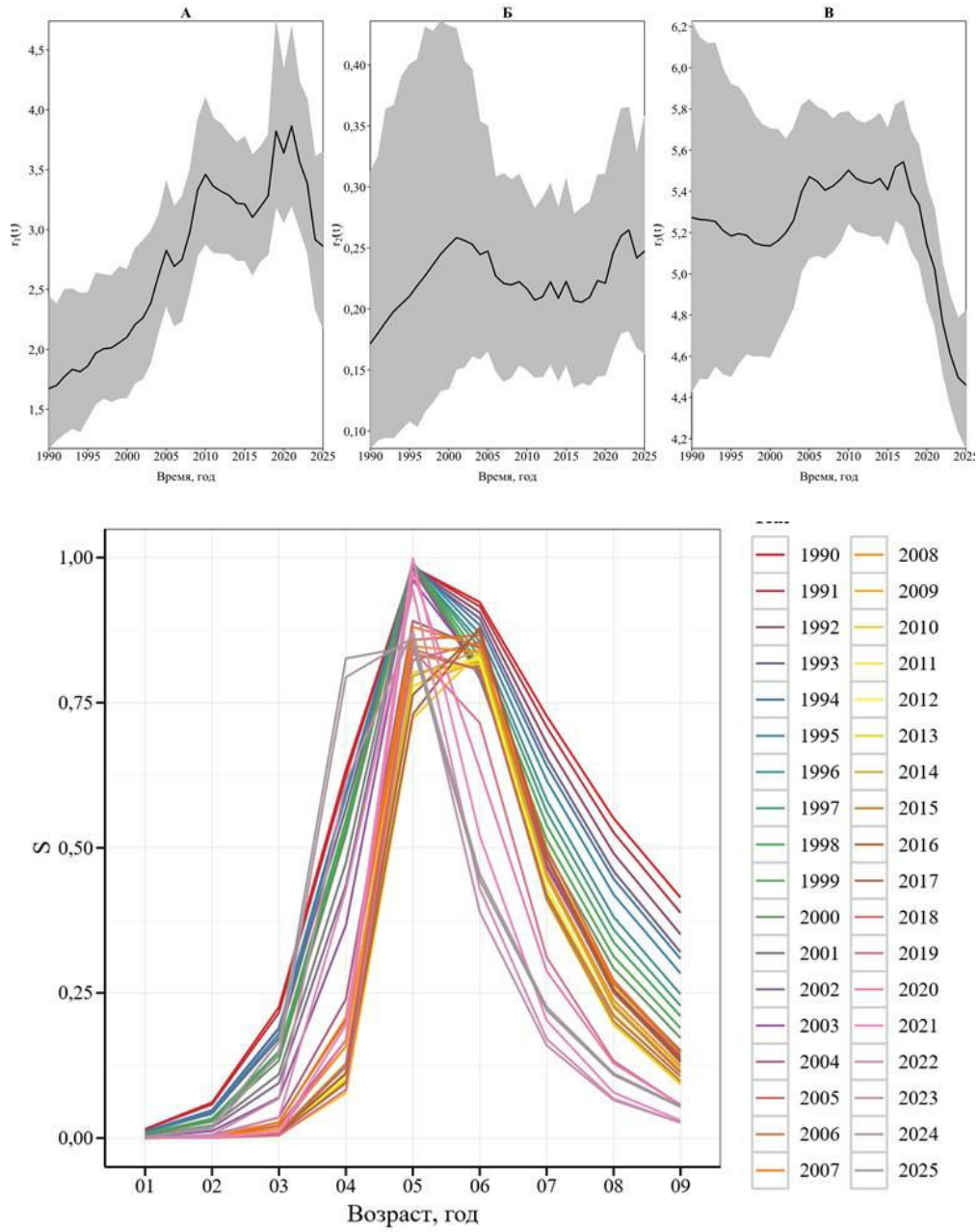


Рис. 185. Параметры селективности (r1, r2, r3 – вверху) и её средние оценки по годам (внизу)

В целом, диагностика полученной настройки показала, что она приемлема, но требуются дополнительные уточняющие работы по индексам и селективности.

ТРЕСКА (*Gadus macrocephalus*)

67.01 - Зона Чукотская

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская

Исполнитель: А.Б. Савин («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Использованы материалы учётных съёмок, проведённых в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) на исследовательских судах «ТИНРО» в 1999, 2001, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 и 2024 гг. Также привлечены материалы сборов биологов-наблюдателей, проработавших на ярусном промысле трески в 2018–2024 гг.

Промысловая статистика за период с 1999 до 2025 г. получена из Отраслевой системы мониторинга рыболовства. Доступны следующие данные по годам промысла с 1999 по 2025 гг.:

– матрица возрастного состава трески за период с 1999 по 2024 г. по возрастным группам с 1-го до 12-го года из уловов научных донных тралений. Расчёт возрастного состава выполнен в «ТИНРО»;

– материалы возрастному составу ярусных промысловых уловов по годам за период с 2018 по 2023 гг. Расчёт возрастного состава также выполнен в Тихоокеанском филиале ВНИРО («ТИНРО»);

– средняя масса рыб по возрастам и годам промысла, а также среднемноголетняя доли половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанные с использованием результатов биологических анализов.

Таким образом, имеющиеся данные соответствуют I уровню информационного обеспечения.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Запас трески за период с 1999-2024 гг. оценивается методом «СИНТЕЗ», алгоритм которого реализован в компьютерной программе «Methods» версии 3.06 и параметрами когортной модели после настройки [Ильин, 2018]. По этой же программе получены ориентиры по биомассе трески (B) и её промысловой смертности (F), использованные в Правиле регулирования промысла (ПРП).

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам предварительно рассчитан в процессе реализации вышеуказанной программы по методике Гулина-Руденко [Гулин, Руденко, 1973].

Прогноз состояния запасов, и величины ОДУ выполнен по их экстраполяции по программе «ТАС», также подготовленной в «КамчатНИРО».

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Тихоокеанская треска является тихоокеанским придонно-пелагическим – преимущественно бореальным видом. Батиметрический диапазон её обитания лежит в пределах от глубин менее метра до 600–800 м. Она распространена в северной части Тихого океана от Берингова пролива на юг по американскому побережью до Калифорнии и по азиатскому побережью почти повсеместно на указанных глубинах в Беринговом, Охотском и Японском морях.

На шельфе северо-западной части Берингова моря треска обитает почти повсеместно от района у м. Олюторский на северо-восток к м. Наварин. В Анадырском заливе она встречается в зависимости от сезона – в летне-осенний период, в разгар нагула – почти повсеместно, заходя в отдельные тёплые годы в северную его часть и в зал. Креста. Она также проникает и в Берингов пролив, а в отдельные тёплые годы – даже в Чукотское море. В зимне-весенний период – во время зимовки и нереста большая её часть опускается на внешний шельф и верхний отдел склона у м. Наварин и м. Олюторский, а также на отдельные участки Олюторско-Наваринского шельфа и склона. Некоторая её часть уходит на зимовку и нерест в американскую промысловую зону.

Летом в тёплые годы значительная часть трески в наших водах представлена мигрантами из восточной части моря.

Треска нерестится в январе–мае на внешней части шельфа и верхней части континентального склона на хребте Ширшова у м. Олюторский, на отдельных участках Олюторско-Наваринского шельфа и склона и, возможно – в районе м. Наварин.

В заливах и бухтах предполагается присутствие в отдельные годы так называемой «прибрежной» трески – нерестящейся в них и не совершающей сезонных миграций на внешнюю часть шельфа.

Тихоокеанская треска в северо-западной части Берингова моря достигает длины 120 см, массы 20,7 кг. Наиболее старая треска имела 15-ти-годовой возраст при длине 103 см и массе тела 11,8 кг [Савин, 2023].

Треска обладает довольно быстрым темпом роста. По исследованиям в северо-западной части Берингова моря её годовики имеют средние длину и массу соответственно 17,5 см и 0,060 кг, 4-х-годовики – 49,8 см и 1,617 кг, 8-и-годовики – 81,5 см и 7,476 кг. На тринадцатом году жизни эти параметры составляют соответственно 96,0 см и 11,500 кг (рис. 1) [Савин, 2023].

Параметры зависимости Берталанфи для темпа размерного роста трески, рассчитанные по среднемноголетним данным (1999–2021 гг.) составили: $L\infty = 111{,}993$; $K = 0{,}159$; $t_0 = -0{,}024$. Для темпа весового роста – соответственно: $W\infty = 14{,}006$; $K = 0{,}245$; $t_0 = 1{,}221$.

В рассматриваемом районе треска впервые начинает созревать в среднем на третий – четвёртый год жизни при длине тела 35–45 см и массе 1,0–1,8 кг. Возраст массового созревания по среднемноголетним данным (1999–2024 гг.) равняется 4,4 года. Согласно построенной таким образом зависимости, если на начало четвёртого года половозрелыми были 36%

особей, то с пятого по десятый год их доля увеличивалась с 72% до величины близкой к 100%.

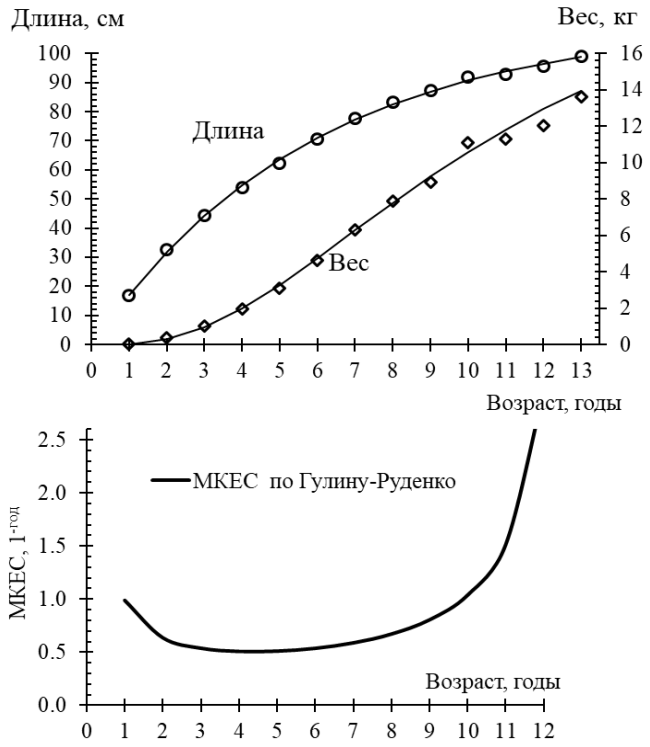


Рис. 1. Среднемноголетние (1999–2024 гг.) темпы роста (А) и зависимости мгновенного коэффициента естественной смертности (МКЕС) (Б) в скоплениях трески северо-западной части Берингова моря

Соотношение полов в скоплениях обычно близко 1:1 с незначительным смещением в пользу самок.

МКЕС зависит от возраста. Он является наименьшим для 4-х-годовиков, составляя 0,508, притом, что у годовиков он равняется 0,989, а у 11- и 12-годовиков соответственно 1,513 и 2,9527 [1/год].

Размерный состав трески в уловах зависит от орудия лова, районов и сезонов промысла. По результатам наших исследований, самая малоразмерная треска, средней длиной 42,0 см, обычно добывается снюрреводами (рис. 2). Суда с этими орудиями лова, как правило, работают только в тёплый период года на малых глубинах вблизи олюторско-наваринского побережья, а также в юго-западной части зал. Анадырский именно в местах, в которых нагуливается молодь. Здесь она может также прилавливаться на промысле камбал и других донных объектов. Согласно расчётам среднего по 2012 и 2019 гг. размерного состава снюрреводных уловов, треска промысловых размеров – особей больше промысловой меры, составляет 48,0% по численности и 82,7% по биомассе.

Промысловым донным тралом облавливается треска в основном в начале года – в период нереста. С середины мая и до конца года её специализированный промысел не ведётся, но она прилавливается в сравнительно небольших количествах на добыче других донных объектов.

Средняя длина из его уловов составляет 53,3 см. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах этого орудия составляет 83,4% по численности и 95,5% по биомассе.

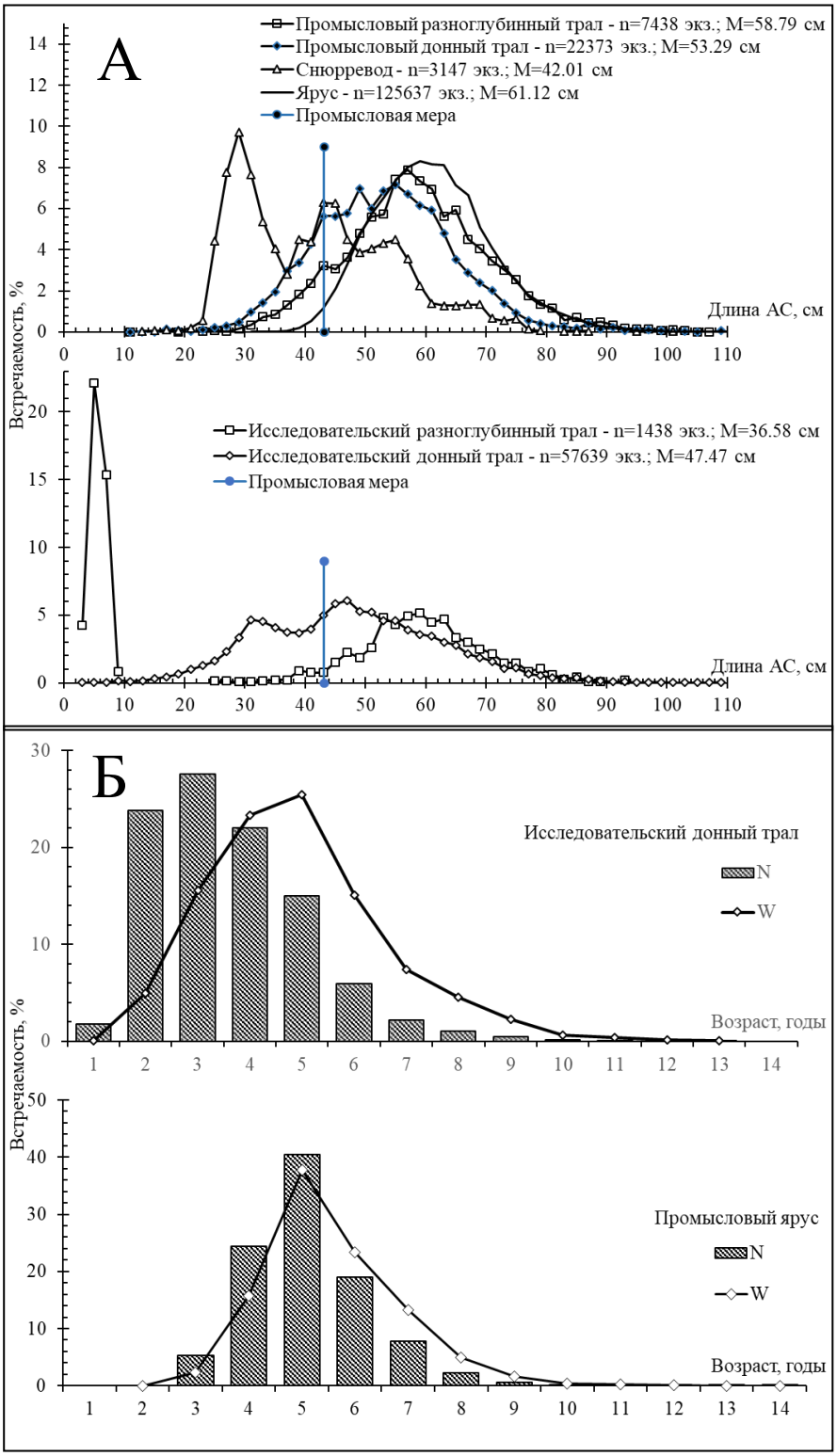


Рис. 2. Среднемноголетний размерный (А) и возрастной (Б) составы трески, выловленной различными орудиями лова в северо-западной части Берингова моря в 1999-2024 гг.: *n* – количество исследованных экземпляров; M – средняя длина; N – возрастной состав по численности; W – возрастной состав по биомассе

Промысловым разноглубинным тралом облавливается ещё более крупная треска, имеющая средний размер 58,8 см. Её специализированный лов обычно также ведётся 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 бóльших, чем молодь, глубинах. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах этим орудием составляет 92,1% по численности и 98,3% по биомассе.

Ярусом облавливается наиболее крупная треска: её средний размер составляет 61,1 см. Преимущественный лов крупной старшевозрастной трески объясняется особенностями работы этой крючковой снасти. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах ярусов составляет 99,2% по численности и 99,8% по биомассе.

Треска в среднемноголетнем улове исследовательского донного трала во время проведения траловых съёмок имела длину от 3 до 110 см при среднем значении, равном 47,5 см. Её основу (85,7%) образовывали особи длиной 26–68 см. В уловах исследовательского разноглубинного трала треска имела длину от 3 до 94 см при средней длине 36,58 см. Её 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 – 88,4%, образовывают возрастные группы от 2- до 5-годовиков, а по биомассе – 86,9% – от 3- до 7-годовиков.

Ярусами облавливается более старая треска: от 3- до 12-годовиков при модальной группе по численности, образованной обычно 4-х или 5-годовиками. Основу её численности занимают особи в возрасте от 4- до 6-годовиков (83,8%), а биомассы – от 4- до 7-годовиков (90,2%).

В качестве исходного материала для расчётов 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 нём 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 [Савин, 2023].

При выявлении урожайных поколений следует иметь в виду, что в период 2018-2021 гг. наблюдалось значительное вторжение трески из восточной части Берингова моря. Чсть облавливаемых в эти годы особей

была местного происхождения, часть составляли мигранты. В 2022–2024 гг., судя по значительному снижению показателя улова на усилие, численность пришлой трески заметно уменьшилась. В этих годах траловых съёмок российской части Берингова моря не проводилось и, следовательно, на результаты расчётов урожайности значительное влияние оказала восточная треска.

Возрастной состав трески из уловов донного исследовательского трала указывает на формирование урожайных поколений со сравнительно высокой долей отдельной возрастной группы (рис. 3А).

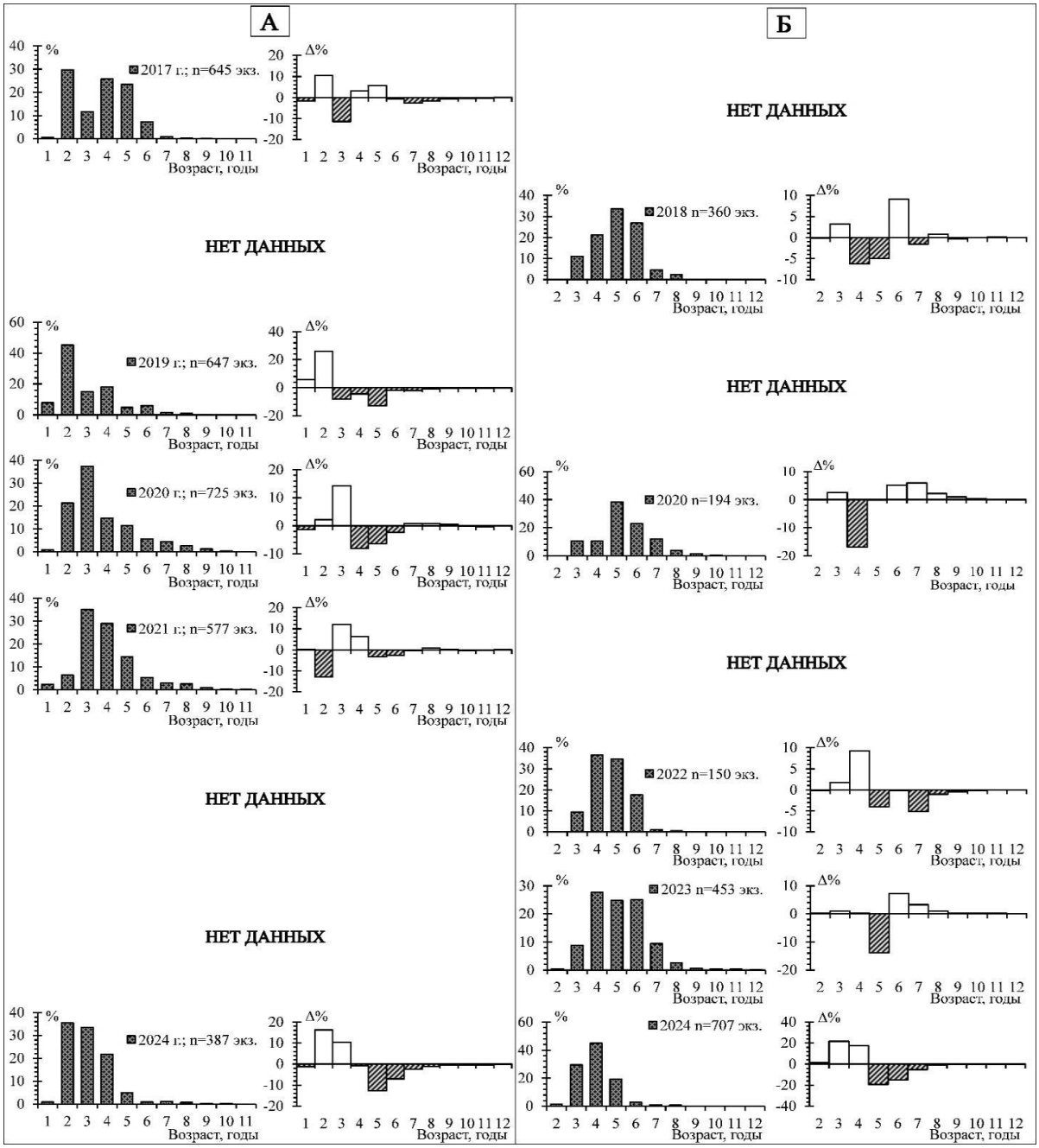


Рис. 3. Возрастной состав трески и его годовые аномалии (кривые Сунда) в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) из уловов: А – донных траловых съёмок: среднемноголетняя оценка за 1999–2024 гг.; Б – ярусных ловов: среднемноголетняя оценка за 2004–2024 гг.

Так, поколение 2017 г. рождения, являвшееся – 2-годовиками в 2019 г. и 3-годовиками в 2020 г., составило значительную долю 4-годовиков в возрастном составе 2021 г. В 2021 г. отмечена сравнительно высокая доля 2- и 3-годовиков соответственно 2019 и 2018 гг. рождения. К 2024 г. их численность значительно снизилась и оказалась существенно ниже средней. В этом же году на фоне снижения общей численности нагульной трески, проявились сравнительно высокочисленные 2- и 3-годовики соответственно 2022 и 2021 гг. рождения. Появившееся в 2020 г. неурожайное поколение годовиков 2019 г. рождения отмечено неурожайным и в 2021 г. как 2-годовики и 2024 г. как 5-годовики.

Данные по возрастному составу ярусной трески (рис. 3Б) только для 2020 г. позволяют сравнить их с возрастным составом трески из донных тралов. В обоих случаях выявились поколения сравнительно низкой численности: 4- и 5-годовиков соответственно 2016 и 2015 гг. рождения. В 2023 г. сравнительно низкую численность имели 5-гододовики 2018 г. рождения.

Таким образом, по результатам исследования изменчивости возрастного состава, в 2027 г. промысловое стадо будет формироваться возрастными группами 5- и 6-годовиков 2022 и 2021 гг. рождения, имеющих численность выше средней, а также более старшими возрастными группами сравнительно низкой численности.

По результатам расчётов величины нерестовой биомассы (SSB) трески в северо-западной части моря когортным методом по программе «SYNTHESIS» с экстраполяцией с помощью программы «TAC», начиная с 2001 до 2005 гг. происходил её быстрый рост соответственно с 145,91 до 518,55 тыс. т (рис. 4А). К 2013 г. произошло его замедление, и эта величина составила 645,89 тыс. т. Затем к 2017 г. последовал новый рост до рекордных 1524,45 тыс. т. К 2023–2024 гг. произошёл значительный спад до соответственно 286,48–233,62 тыс. т. К 2027 г. ожидается небольшой рост до 252,07 тыс. т.

Сходные тенденции изменчивости оценок запасов получены и по результатам донных траловых съёмок. 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 гг. произошёл 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 по 598,66 и 270,35 тыс. т. К 2024 г. снижение продолжилось до 111,79 тыс. т.

Подобные тенденции наблюдались и с динамикой параметра улова на единицу промыслового усилия. В 1999–2009 гг. он колебался в пределах в пределах 3,17–6,55 т/судосутки. Затем, к 2019 г. произошло увеличение до рекордных 14,18 тыс. т. Но к 2023 г. этот параметр снизился до 5,30, а к 2024 г. – незначительно подрос до 5,49 т/судосутки. В 2025 г. он вырос до 6,20 т/судосутки.

Биомасса запаса трески в американской экономической зоне Берингова моря – в юго-восточной его части по результатам американских донных

траловых съёмок 1999–2025 гг. колебалась в пределах 1068,56–2779,95 тыс. т при среднемноголетней оценке за этот период, равной 1709,04 тыс. т [Barbeaux et al., 2024; Markowitz et al., 2025]. Необходимо оговориться, что американские специалисты при расчётах используют коэффициент уловистости (Ку) равный 1,0. В России же применяется Ку=0,4. То есть, для сравнения с нашими данными представленные американские данные были скорректированы по этому коэффициенту (рис. 4Б).

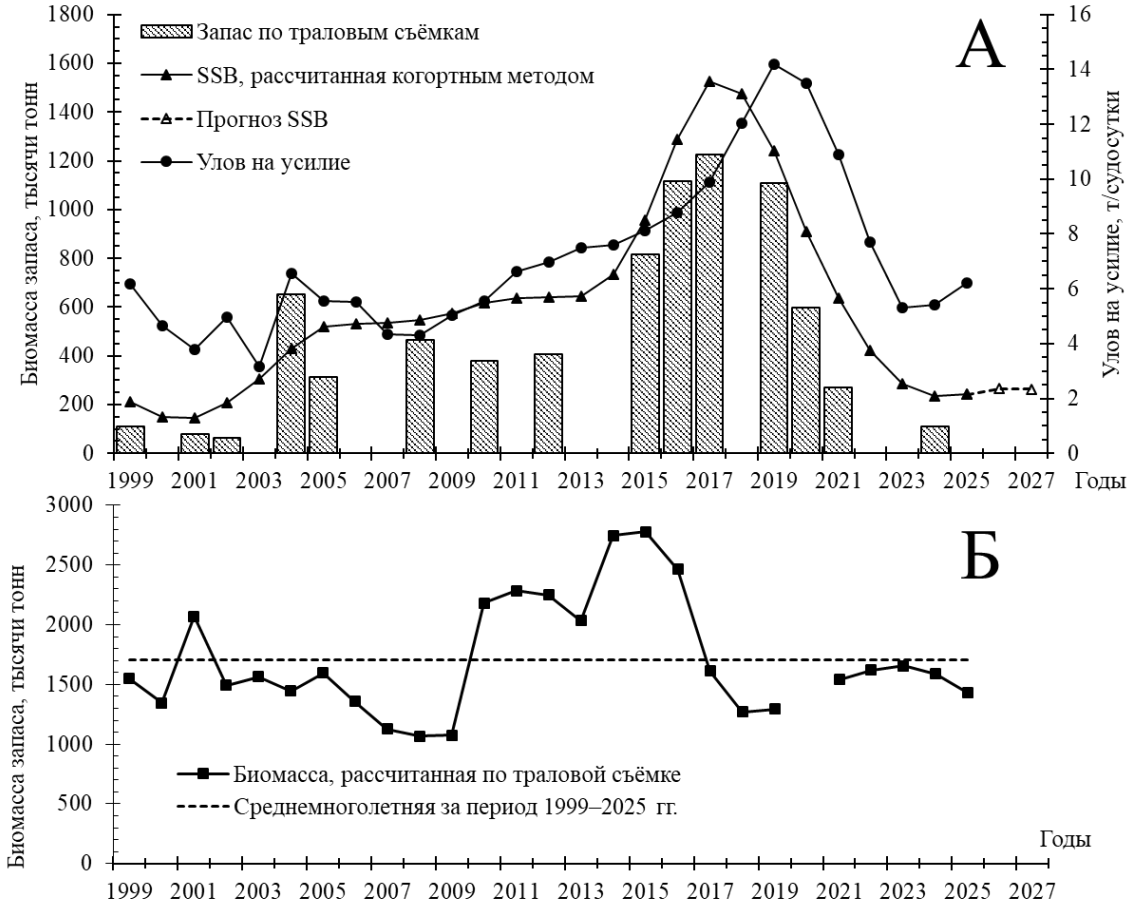


Рис. 4. Сравнение динамик показателей, рассчитанных различными методами и характеризующих состояние запасов трески в Беринговом море: А – северо-запад моря (наши данные); Б – юго-восток моря (американская зона) Ку=0,4

Максимальной биомассы (2779,95 тыс. т) летние распределения трески в юго-восточной части моря достигли в 2015 г. После этого в связи с массовыми её миграциями на север моря последовал спад до 1268,29 тыс. т в 2018 г., сравнительно незначительный подъём до 1657,69 к 2023 г. и новый спад до 1427,47 тыс. т в 2025 г.

Несмотря на уменьшение в 2025 г. биомассы восточноберинговоморской трески, её численность по сравнению с предыдущим годом выросла на 18% за счёт увеличения численности годовиков [Markowitz et al., 2025]. Если в последующем подтвердится высокая урожайность поколения 2024 г. рождения, то при его вступлении в промысел в 2027–2029 гг., следует ожидать рост промысловой биомассы.

Таким образом, запасы юго-восточной трески в настоящее время ниже среднемноголетнего уровня, но в 2027–2029 гг. возможен их существенный рост.

Следует выделить четыре основных причины, влияющие на динамику запасов трески в северо-западной части беринговоморского шельфа:

1). Урожайность поколений трески, образующей промысловое стадо;

2). Состояние запасов трески в американской зоне – откуда она может приходить в российские воды на нагул;

3). Количество мигрантов трески из восточной части моря в зависимости от океанологических условий обитания и, в частности – годовых флюктуаций площади акватории Лаврентийских холодных водных масс зимнего происхождения (ЛХВМ);

4). Донный траловый промысел на нерестилищах трески в период нереста и инкубации донной икры трески в феврале–марте.

Рассмотрим подробнее каждую из них.

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 нём присутствует в том или ином количестве мигранты с востока моря. Из-за ежегодной изменчивости океанологических условий, подобные нагульные миграции восточной трески на западный шельф моря не носят регулярный характер. Выявленное таким образом урожайное поколение в будущем не всегда может проявиться в увеличении промыслового запаса. *Во-вторых* – пополнение промыслового стада молодью определённого поколения происходит 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 2024 гг., исключая экстремальное поколение 2011 г. рождения, составила 776536 тыс. экз. 2-годовики составили соответственно 288799 тыс. экз. и 3-годовики – 146549 тыс. экз. (рис. 5).

К высокоурожайным нами отнесено поколение 2006 г. рождения, которое в 2007, 2008 и 2009 гг. было представлено соответственно годовиками, двух- и трёхгодовиками. В 2011 г. родилось экстремально высокоурожайное поколение, которые в 2012, 2013 и 2014 гг. соответственно было представлено годовиками, 2- и 3-годовиками. Значительные миграции на нагул восточноберинговоморской трески, произошедшее во второй половине 2010-х гг., также вызвало появление высокоурожайных поколений 2012–2014 гг., которые в 2013–2015 гг. были представлено годовиками. В последующие годы при общем снижении численности представителей младших возрастов, отмечено появление поколений 2021 и 2022 гг. рождения, численность которых оказалась выше среднемноголетней.

К относительно низкоурожайным поколениям отнесены все родившиеся начиная с 2016 по 2020 гг. Самое низкоурожайное поколение

родилось в 2019 г. Численность их годовиков в 2020 г. составило 411887 тыс. экземпляров. При прогнозировании состояния запасов с помощью программы «TAC» именно это значение принималось в качестве численности годовиков.

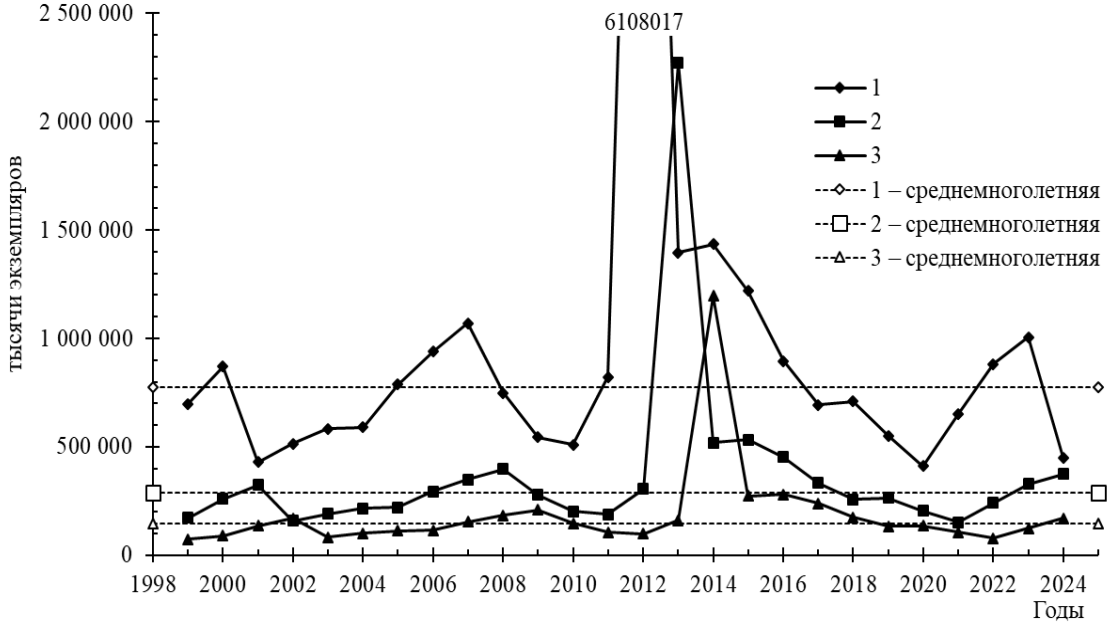


Рис. 5. Численность годовиков (1), двух- (2) и трёхгодовиков (3) трески в северо-западной части Берингова моря, рассчитанная по модели «SYNTHESIS»: среднемноголетние параметры рассчитаны без учёта экстремальновысокой численности поколения 2011 г. рождения

Выявленные поколения, урожайность которых оказалась заметно ниже среднемноголетней, вызвало значительное снижение запасов трески. Это связано, во-первых, с начавшимся похолоданием Берингова моря, наступившим в результате увеличения площади ледовитости, из-за чего уменьшился поток мигрантов на нагул с востока моря и, во-вторых – с донным промыслом трески на её нерестилищах в период нереста.

Здесь необходимо оговориться, что выделенные нами методом когортного анализа по расчётной численности младших возрастных групп урожайные или неурожайные поколения могут не совпадать с определением таковых поколений по кривым Сунда (рис. 3). Если расчёты когортным методом проведены по матрице, образованной численностью 12-ти возрастных групп за 26-летний период – с 1999 по 2024 гг., то на кривых Сунда рассматривается небольшой период в пять–семь лет, ограниченный сроком жизни возрастных групп, занимающих заметную долю в стаде. Обычно это группы от годовиков (чаще – от 2-годовиков) до 7-годовиков (чаще – до 6-годовиков).

Динамика площади акватории ЛХВМ в настоящее время является главной причиной, влияющей на динамику запасов нагульной трески в рассматриваемом секторе Берингова моря. Ранее в литературе уже описывалось ключевое влияние придонных холодных вод на структуру

экосистемы этого моря [Андрияшев, 1939; Kotwicki, Lauth, 2013; Eisner et al., 2020; DeFilippo et al., 2023]. Как сообщалось ранее [Савин, 2021], большая площадь акватории ЛХВМ создаёт препятствие для миграций трески с юго-востока моря на его северо-запад. Напротив, её малая площадь или даже полное отсутствие не препятствует нагульным миграциям в этом направлении.

Акватория, занимаемая ЛХВМ в восточной части Берингова моря имела минимальные площади в 2018–2019 гг. [Kearney, 2022] – в периоды высокой численности трески летом на северо-западе моря (рис. 6, 7). В 2025 г., по сравнению с 2024 г., её площадь незначительно увеличилась. При этом, в 2024 г. средние температуры придонных вод на востоке моря выросли до среднемноголетних значений и к 2025 г. они продолжили рост. На севере моря придонные температура придонных вод к 2025 г. оказались ниже среднемноголетних.

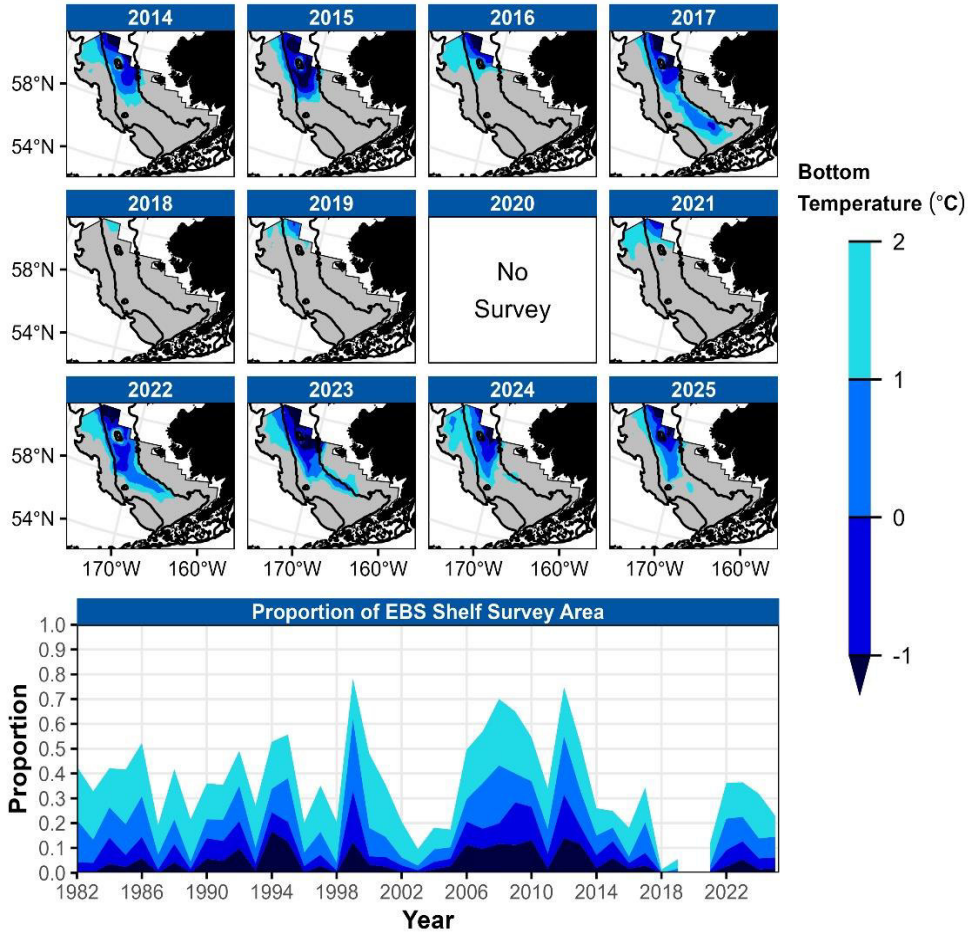


Рис. 6. Динамика площади акватории ЛХВМ летом на восточном шельфе Берингова моря, основанная на наблюдениях, полученных в ходе донных траловых съемок: протяженность холодного бассейна на нижней части рисунка показана в процентах от общей площади обследованной акватории

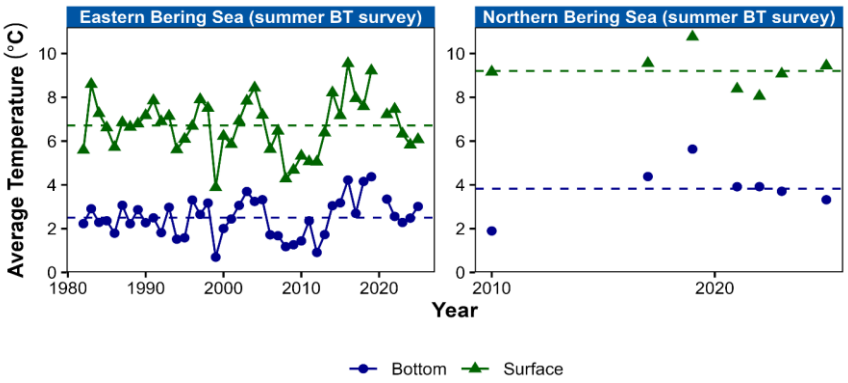


Рис. 7. Средние температуры поверхности и у дна на шельфе восточной (Eastern Bering Sea) и северной частей (Northern Bering Sea) Берингова моря в летний период (1982-2024 гг.): пунктиром обозначены среднемноголетний значения

Размер акватории ЛХВМ в значительной степени определяется размером сезонной ледовитости моря. Она была экстремально малой в 2018 г., но в следующие годы произошёл её рост до среднемноголетних значений в 2022 г. В 2023–2025 гг. площадь ледовитости была ниже среднемноголетней, составляя 25,0–23,5% при норме около 28,3% [Басюк, 2025].

Показателем зимнего охлаждения может служить средняя за январь-апрель ледовитость моря (отношение площади льда к площади моря, выраженное в процентах). Высокая/низкая ледовитость приводит к появлению устойчивых отрицательных/положительных температурных аномалий в толще вод деятельного слоя, в придонных шельфовых водах. В XXI-м веке в море наблюдалось чередование нескольких последовательных лет с минимальным образованием льда и лет с относительно обширным льдообразованием. В начале 3-го десятилетия XXI-го века ледовитость постепенно увеличилась почти до «нормы» (рис. 8) [Басюк, 2025, с дополнениями Ю.И. Зуенко и Е.О. Басюка]. В 2027 г. предполагается уменьшение ледовитости по сравнению с предыдущим годом.

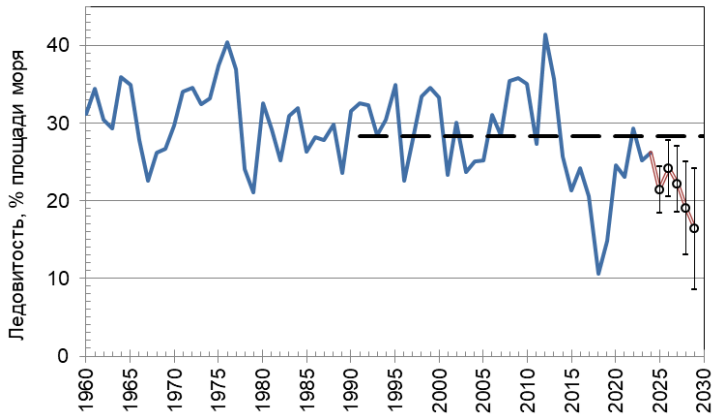


Рис. 8. Межгодовые изменения средней за январь-апрель ледовитости Берингова моря и её прогноз до 2029 г.

Следующей причиной снижения запасов трески является донный траловый промысел на её нерестилищах в период нереста. Тралами треска интенсивно облавливается с начала января по конец апреля в местах её концентрации на внешнем шельфе и верхней части материкового склона – т.е. на нерестилищах. В марте 2022, 2023 и 2024 гг. – в разгар нереста, траления велись главным образом на Олюторском и Дежнёвском нерестилищах (рис. 9).

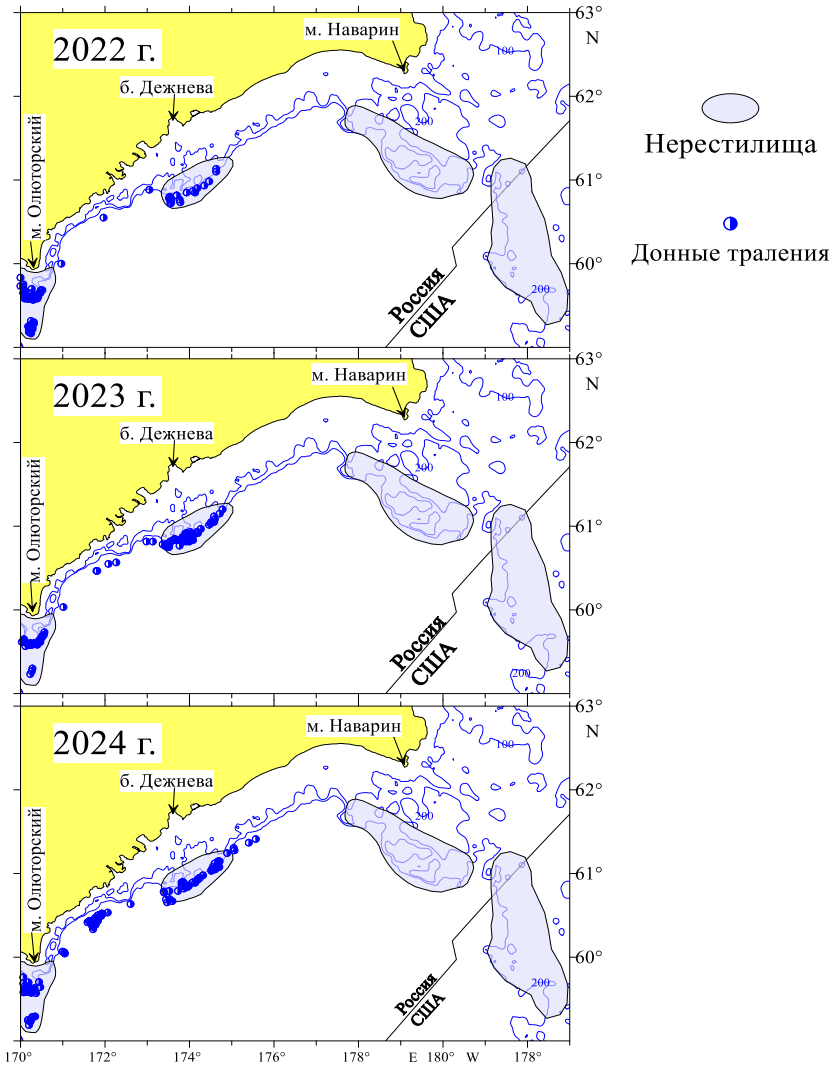


Рис. 9. Распределение донных тралений с уловами трески в марте 2022–2024 гг. относительно положения её нерестилищ

Учитывая тот факт, что треска откладывает донную икру, работа здесь тралами существенно снижает выживаемость её на ранних стадиях развития. Это делает необходимым внесение в правила рыболовства запрет донного тралового промысла трески в первой половине года.

Запрет целевого промысла трески в зимний период 2023-2024 гг. не привёл сохранению её нерестилищ. Фактически он коснулся только ярусного промысла. Добыча нерестовой трески донными тралами продолжилась в виде её прилова при целевом промысле камбал. И только в 2025 г., когда был

введён запрет промысла всеми орудиями лова, промысел трески на её нерестилищах отсутствовал с середины февраля по начало апреля.

Снюрреводоловы, несмотря на то, что они также работают донными орудиями, не оказывают значительного отрицательного влияния на воспроизводство трески. Они приступают к промыслу донных объектов в апреле и работают на мелководье, – то есть вне районов и сроков нереста.

Не наносит, по-видимому, существенного ущерба и ярусный промысел в силу технических особенностей его работы.

Итак, выделено четыре основных фактора, которые будут положительно влиять на состояние запасов трески в северо-западной части Берингова моря в 2026-2027 гг. Первый из них - появление урожайного поколения 2022 г. рождения. Второй фактор - возможное увеличение в 2027-2032 гг. запасов трески в восточной части моря, что, видимо, повлияет и на увеличение численности мигрантов в западную часть моря. Третий фактор – площадь акватории Лаврентийских холодных водных масс зимнего происхождения, которая согласно прогнозу после её некоторого увеличения в 2026 г. уменьшится в 2027 г. Эти водные массы будет затруднять миграции трески на нагул из восточной части моря. Повысит успех нереста и увеличит численность аборигенной трески запрет промысла донными орудиями лова на нерестилищах олюторско-наваринского района в период нереста.

Итак, все четыре из перечисленных факторов в 2027 г. способны вызвать увеличение запасов трески в рассматриваемом районе моря.

Состояние промысла. Промысел трески в северо-западной части Берингова моря осуществляется главным образом четырьмя видами орудий лова: снюрреводами, донными и разноглубинными тралами, а также ярусами. Их приблизительные доли в общем улове из обеих рассматриваемых зон в 2025 г. составили соответственно 9,8; 21,8 и 4,3, а также 64,1%. При этом среднемноголетние за 2015–2024 гг. показатели отличались весьма заметно, составляя соответственно 12,2; 13,0 и 9,2, а также 65,6%.

Всего всеми орудиями лова в 2025 г. в сумме, включая отечественный и иностранный вылов по обеим зонам, было добыто 42,04 тыс. т трески, что немногим больше годовых уловов 2023 и 2024 гг., составивших соответственно по годам 39,38 и 35,73 тыс. т.

В 2025 г. основная часть вылова – 41,88 тыс. т получена в Западно-Беринговоморской зоне. В Чукотской зоне в этот год промысел вёлся непродолжительное время при достигнутом вылове 0,156 тыс. т.

Пространственное распределение промыслов разными орудиями лова неодинаково. Траулеры и снюрреводоловы работают непосредственно на Олюторско-Наваринском шельфе и в западной части зал. Анадырский. Ярусный промысел охватывает и этот район Западно-Беринговоморской зоны, и восточную часть залива – район п-ова Чукотский в Чукотской зоне.

В 2025 г. промысел трески и других объектов всеми орудиями лова был запрещён на период её нереста с 11 февраля по 31 марта. Снюрреводный промысел был открыт 21 мая и прекращён 20 октября (рис. 10, 11).

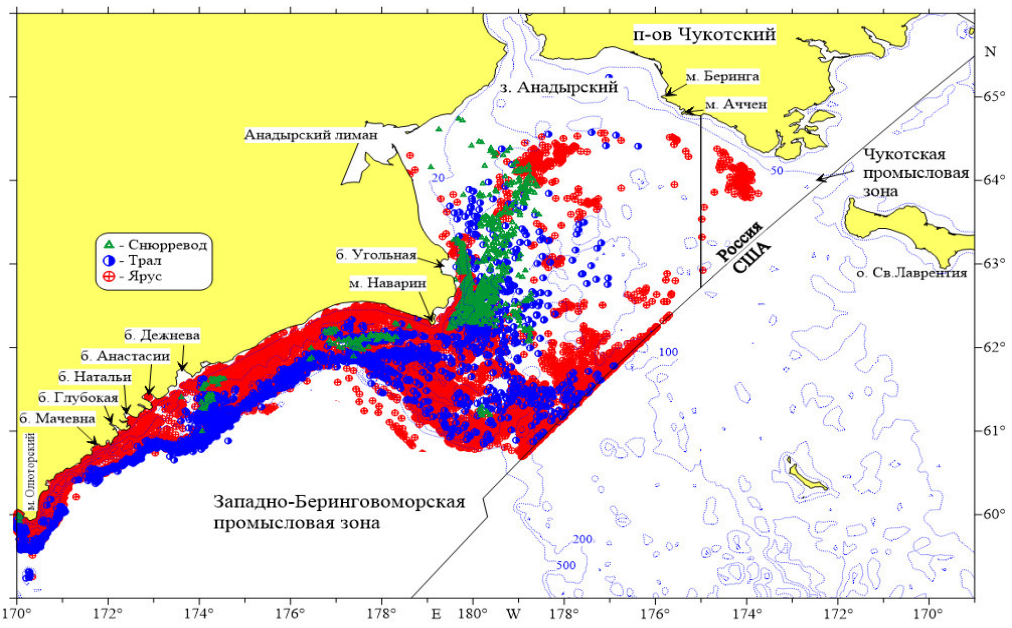


Рис. 10. Распределение промысла трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) в 2025 г.: точками отмечены места ловов

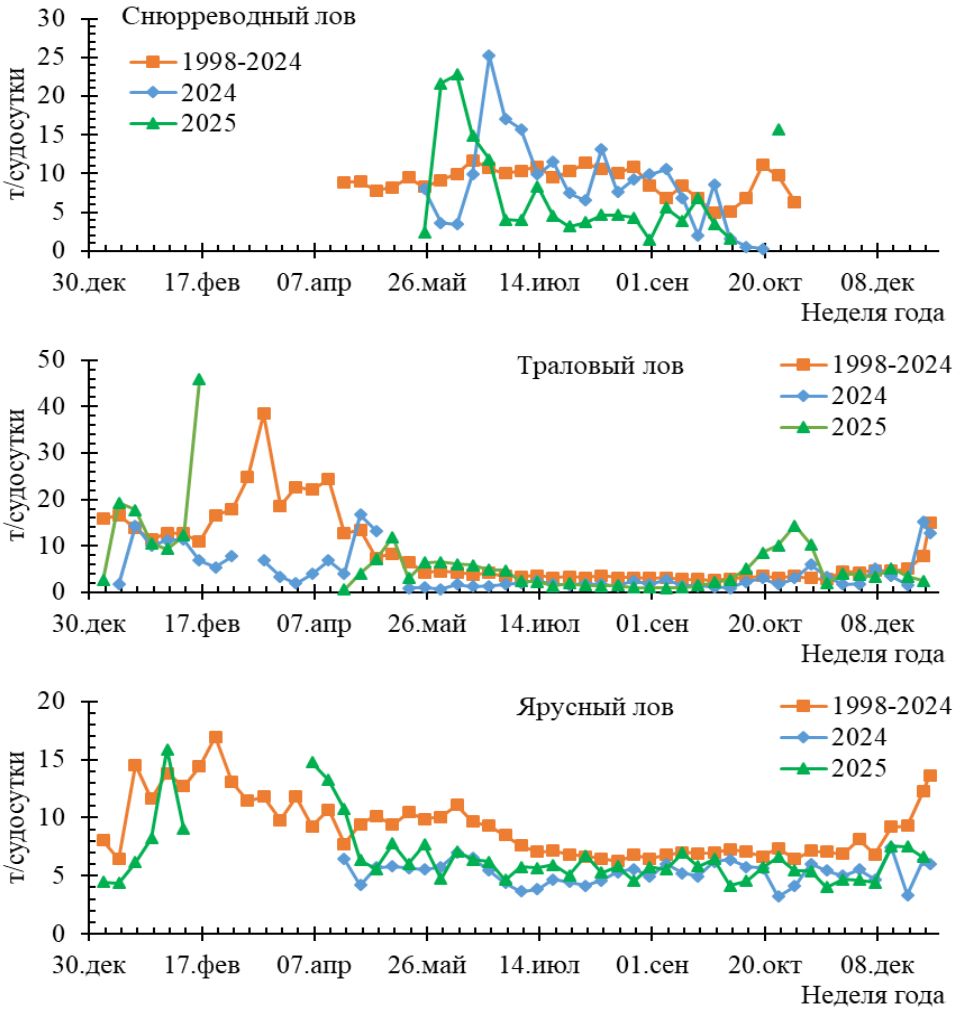


Рис. 11. Сравнение среднедельных показателей уловов трески на судосутки для различных промысловых орудий в Западно-Беринговоморской зоне в 2025 г. со среднемноголетними (1998–2024 гг.) и показателями 2024 г.

Он, как и в прошлые годы вёлся главным образом в прибрежной части к западу от м. Олюторский, в районе бух. Дежнева, к западу и югу от м. Наварин, а также в западной части зал. Анадырский на восток примерно до 178°30`з.д. В Чукотской зоне снюрреводоловы не работали. Треска обычно добывалась в качестве прилова на промысле донных объектов. Её доля в уловах в среднем составила 14,9%. Всего за год суда этого способа лова по предварительным данным выловили 4,12 тыс. т трески за 644 судосуток при среднем показателе 6,40 т/судосутки.

Траловый – донный и разноглубинный лов вёлся весь год за исключением периода с 11 февраля по 31 марта. Траулеры работали по всему олюторско-наваринскому шельфу и верхней части склона от района от м. Олюторский до разделительной линии Россия/США, а также в юго-западной части зал. Анадырский. В Чукотской зоне промысел тралами не вёлся. Треска добывалась в качестве прилова, а её доля в среднем составила 11,6%. Всего за год суда этого способа лова по предварительным данным выловили 10,97 тыс. т трески за 1853 судосутки при среднем показателе 5,92 т/судосутки.

Ярусный лов вёлся весь год, за исключением, как и в предыдущих случаях, периода с 11 февраля по 31 марта. Ярусоловы работали по всему олюторско-наваринскому шельфу и верхней части склона, в южной и центральной частях зал. Анадырский, а также в Чукотской промысловой зоне. Треска добывалась целевым образом, а её средняя доля в улове составила 90,8%. Всего за год ярусоловы по предварительным данным выловили 26,94 тыс. т трески за 4277 судосуток при среднем показателе 6,30 т/судосутки. В Западно-Беринговоморской зоне эти показатели составили соответственно 26,78 тыс. т за 4259 судосуток при 6,29 т/судосутки, а в Чукотской соответственно – 0,16 тыс. т, за 23 судосутки при 6,78 т/судосутки (рис. 12). Сравнительно небольшой её вылов в Чукотской зоне объясняется невыставлением на промысел должного количества ярусоловов.

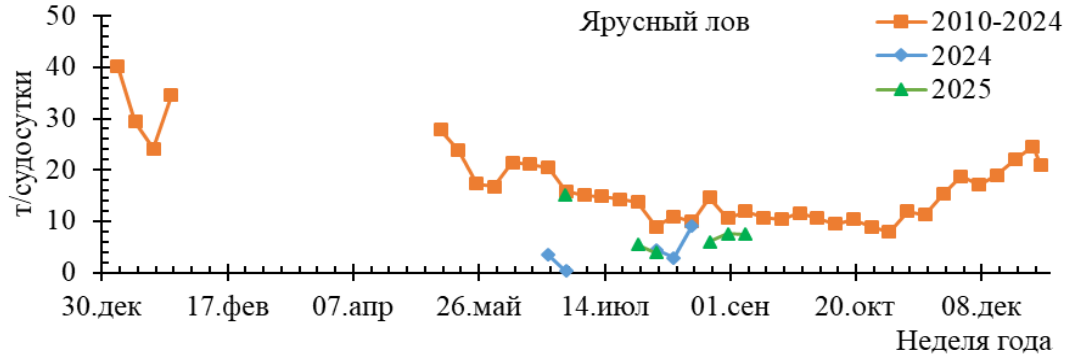


Рис. 12. Сравнение среднедельных показателей ярусных уловов трески на судосутки в Чукотской зоне в 2025 г. со среднемноголетними (2010–2024 гг.) и показателями 2024 г.

Если объёмы вылова с 2016–2017 до 2019–2020 гг. в сумме по обоим зонам росли соответственно от 30,2–42,1 до 91,8–105,3 тыс. т, то с 2021 г. по

2024 г. начался спад с 94,3 до 36,0 тыс. т (рис. 13, табл. 1) При этом, если освоение ОДУ в 2016–2020 гг. колебалось в пределах 85,1–96,6%, то с 2021 до 2023–2024 гг. оно снизилось соответственно с 78,6 до 43,5%. В 2025 г. произошёл небольшой рост запасов трески, вызванный началом вступления в промысел урожайных поколений 2021 и 2022 гг. рождения. Это привело к росту уловов и, соответственно увеличению годового вылова и параметра освоения ОДУ соответственно до 42,04 тыс. т и 82,4%.

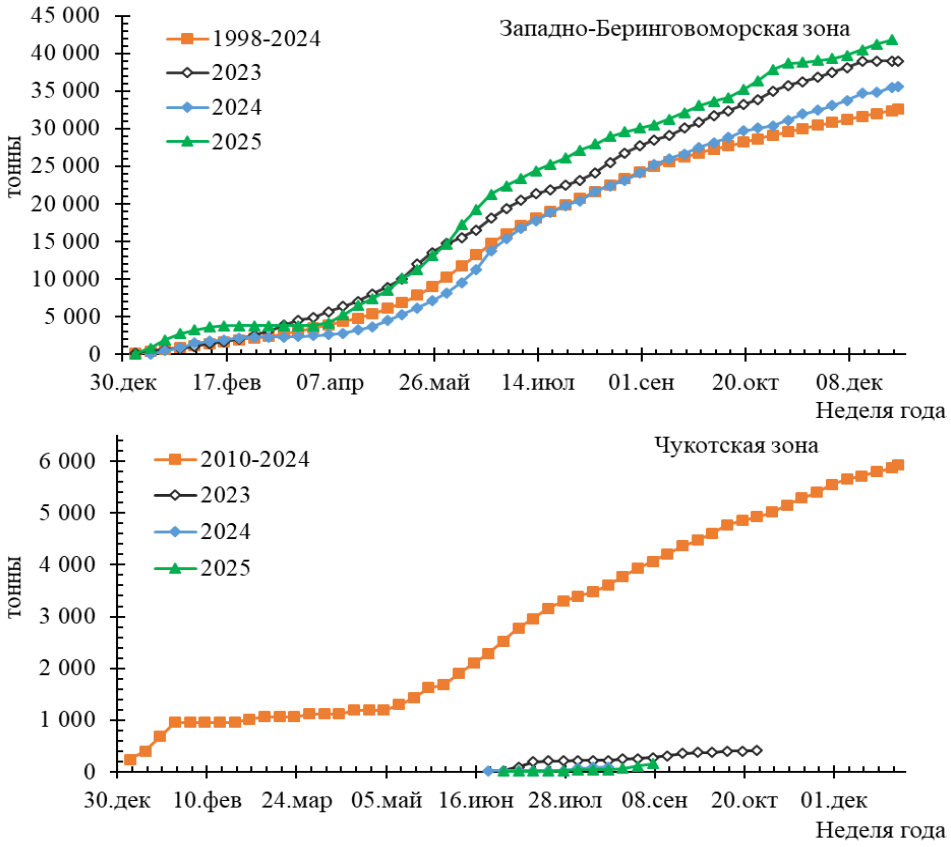


Рис. 13. Динамики нарастающих выловов трески в 2025 г., среднемноголетних параметров (1998–2024 гг.), а также в 2023-2024 гг. в Западно-Беринговоморской и Чукотской промысловых зонах

Таблица 1

Вылов, включая иностранный[1], ОДУ и освоение ОДУ трески в промысловых зонах северо-западной части Берингова моря

Район	Показатель	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Западно-Беринговоморская	ОДУ, тыс. т	27,4	36,2	66,3	86,0	105,0	105,0	90,0	84,5	57,0	48,0
	Вылов, тыс. т	25,0	35,5	64,9	87,6	100,9	89,8	60,8	39,0	35,9	41,88
	Освоение, %	91,2	98,1	97,9	101,9	96,1	85,5	67,6	46,2	63,0	87,3
Чукотская	ОДУ, тыс. т	6,1	7,4	13,7	14,0	15,0	15,0	10,0	6,0	3,0	3,0
	Вылов, тыс. т	5,2	6,6	3,2	4,2	4,4	4,5	1,2	0,4	0,1	0,16
	Освоение, %	85,2	89,2	23,4	30,0	29,3	30,0	12,0	6,7	3,3	5,3
Общее	ОДУ, тыс. т	33,5	43,6	80,0	100,0	120,0	120,0	100,0	90,5	60,0	51,0
	Вылов, тыс. т	30,2	42,1	68,1	91,8	105,3	94,3	62,0	39,4	36,0	42,04
	Освоение, %	90,1	96,6	85,1	91,8	87,8	78,6	62,0	43,5	60,0	82,4

1 — Вылов рассчитывался как сумма отечественного годового вылова по официальной статистике и иностранного вылова согласно Отраслевой системы мониторинга рыболовства

Освоение ОДУ по промысловым зонам значительно различалось. В Западно-Беринговоморской зоне этот параметр в 2016–2020 гг. колебался в пределах 85,5–101,9% при снижении к 2023–2024 гг. соответственно до 46,2–63,0%. В 2025 г. освоение увеличилось до 87,3%.

В Чукотской зоне освоение достигло максимума в 2017 г. – 89,2%, но к 2024 г. снизилось до 3,3%. В 2025 г. оно хотя и увеличилось до 5,3%, но также оказалось незначительным. Главной причиной низкого освоения является удалённость этого района лова от основного района, находящегося в Западно-Беринговоморской зоне. В 2023–2024 гг., произошло значительное снижение плотности распределения скоплений, что повлияло на величины улова, которые уменьшились и не достигали показателей в других районах моря. К тому же приказы Минсельхоза России допускают перераспределение уловов между Западно-Беринговоморской и Чукотской зонами без превышения квоты вылова.

Определение биологических ориентиров

Ориентиры управления для правила регулирования промыслом (ПРП) представлены по результатам расчётов программы «СИНТЕЗ»:

– целевой и граничный ориентиры по биомассе в традиционном подходе не устанавливается;

– граничный ориентир по МКПС $F_{lim} = F_{Loss} = 0{,}805$ год$^{-1}$.

– целевой ориентир по промысловой эксплуатации $F_{tr} = F_{MSY} = 0{,}368$.

Запас трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) является созависимым от скоплений трески в юго-восточной его части (американская зона). Поэтому кусочно-линейное Правило регулирования промысла (ПРП) не может быть биологически обосновано, а вместо него предлагается ПРП традиционной формы [Бабаян, 2000] (рис. 14).

Для упрощения восприятия МКПС переведено в коэффициент эксплуатации (U_t), как отношение улова (C_t) к нерестовой биомассе (SSB_t) по годам промысла (t):

$U_t = C_t/SSB_t$

Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации (U_{tr}) рассчитывается следующим образом:

$U_{tr} = F_{tr}/Z_{см}*(1\text{-}exp\{1–Z_{см}\}) = 0{,}212$.

Так же рассчитывается и граничный ориентир эксплуатации (U_{lim}):

$U_{lim} = F_{lim}/Z_{см}*(1–exp\{1–Z_{см}\}) = 0{,}500$.

Здесь $Z_{см}$ – общая смертность, среднемноголетняя за период с 1999 по 2024 гг., равная 0,594 год$^{-1}$.

Таким образом, промысловая нагрузка, начиная с 2002 г. была умеренной и не превышала целевую МКПС.

Согласно ПРП на 2027 г. интенсивность эксплуатации (U_{tr}) составит 0,212 при ОДУ, равном для всей северо-западной части Берингова моря 55,80 тыс. т, из которого для Западно-Беринговоморской – 54,0 тыс. т и для Чукотской зоны – 1,8 тыс. т.

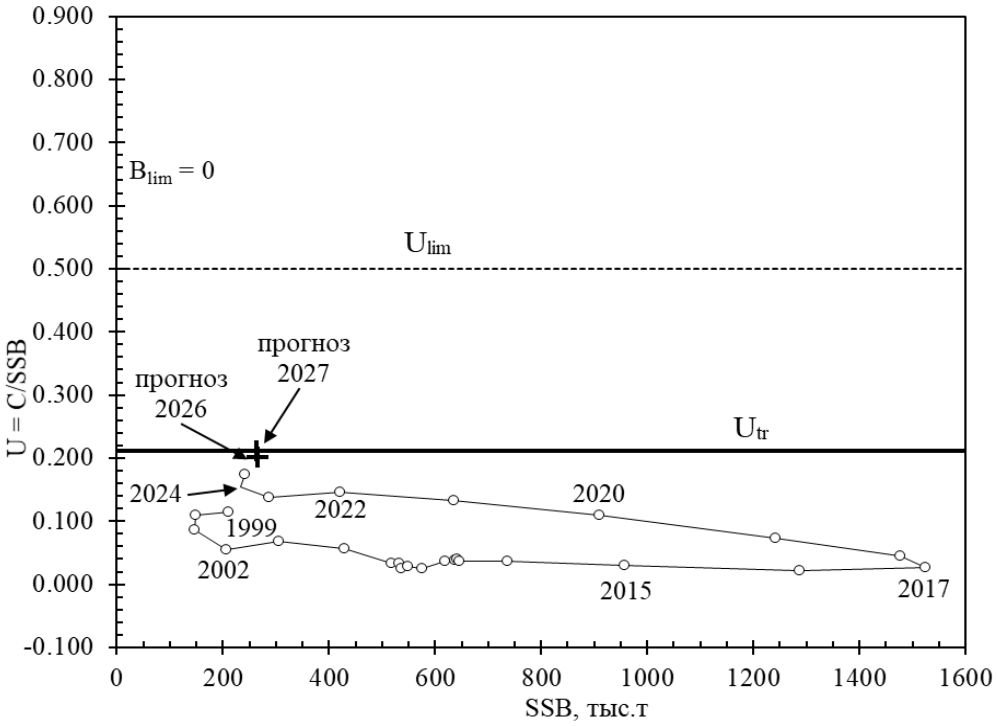


Рис. 14. Правило регулирования промысла трески в северо-западной части Берингова моря с оценкой его реализации в 1999–2025 гг. и прогноз на 2026 и 2027 гг., где С – годовой вылов

Прогнозирование состояния запаса

Оценка состояния запасов в 2026 и 2027 гг. выполнена методом экстраполяции с помощью программы «ТАС» по когортной модели от уровня запасов в 2024 г. Нерестовый запас (SSB) соответственно по прогнозным годам составил 265,87 и 263,15 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Треске западной части Берингова моря присущи значительные межгодовые флюктуации запасов. На ее запасы оказывают влияние несколько факторов. Первый – появление поколений 2021 и 2022 гг. рождения, которые по своей урожайности заметно выше среднего, что должно улучшить состояние запаса трески в 2027 г. Второй – ожидается, что запасы трески в восточной части моря начнут пополняться урожайным поколением 2024 г. рождения, а, следовательно, количество мигрантов на нагул в российские воды увеличится. Третий – развитие акватории, занимаемой Лаврентийскими холодными массами, в прогнозном году ожидаются ниже среднемноголетней, что будет способствовать массовым миграциям на нагул из восточной части моря. Четвёртый – запрет на донный траловый промысел на нерестилищах олюторско-наваринского района в период нереста трески, что позволит ей беспрепятственно отнереститься.

Учитывая описанный в целом благоприятный комплекс факторов, вызывающих увеличение биомассы трески, а также возможное введение запрета на промысел на нерестилищах в период нереста предлагается ОДУ для обеих зон равным 55,8 тыс. т (табл. 2).

Таблица 2

Оценки численности и биомассы трески в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах (суммарно) в 2025-2027 гг.

Параметры	Возраст лет												Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2025													
Абсолютная численность на начало года (N_j), тыс. экз.	411887	58443	98543	62532	26872	7648	5151	3096	1516	1083	697	306	677774
Мгновенный коэффициент промысловой смертности (M_j), 1/год	0,857	0,552	0,466	0,440	0,442	0,466	0,510	0,582	0,698	0,899	1,310	2,557	
Селективность (S_j), в долях единицы	0,015	0,069	0,298	0,843	0,943	0,621	0,368	0,215	0,126	0,073	0,043	0,025	
Доля зрелых особей ($\boldsymbol{p_j}$)	0,000	0,026	0,108	0,358	0,719	0,922	0,982	0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	
Средняя масса рыб (w_j), кг	0,057	0,369	1,018	1,984	3,201	4,594	6,087	7,618	9,138	10,610	12,008	13,316	
Абсолютная биомасса на начало года, тыс. т	23,37	21,56	100,33	124,06	86,03	35,13	31,35	23,59	13,85	11,49	8,36	4,07	483,19
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	0,55	10,83	44,35	61,85	32,38	30,79	23,49	13,84	11,49	8,36	4,07	242,00
2026													
Абсолютная численность на начало года (N_j), тыс. экз.	411887	174393	33238	58515	34485	14513	4282	2891	1664	737	435	186	737226
Мгновенный коэффициент промысловой смертности (Mj), 1/год	0,857	0,552	0,466	0,440	0,442	0,466	0,510	0,582	0,698	0,899	1,310	2,557	
Селективность (S_j), в долях единицы	0,015	0,069	0,298	0,843	0,943	0,621	0,368	0,215	0,126	0,073	0,043	0,025	
Доля зрелых особей ($\boldsymbol{p_j}$)	0,000	0,026	0,108	0,358	0,719	0,922	0,982	0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	
Средняя масса рыб (w_j), кг	0,057	0,369	1,018	1,984	3,201	4,594	6,087	7,618	9,138	10,610	12,008	13,316	
Абсолютная биомасса на начало года, тыс. т	23,37	64,34	33,84	116,09	110,40	66,67	26,07	22,03	15,20	7,82	5,22	2,48	493,53
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,65	3,65	41,50	79,38	61,44	25,59	21,94	15,19	7,82	5,22	2,48	265,86
2027													
Абсолютная численность на начало года (N_j), тыс. экз.	411887	174229	98751	19371	30611	17556	7816	2349	1533	803	295	116	765317
Мгновенный коэффициент промысловой смертности (M_j), 1/год	0,857	0,552	0,466	0,440	0,442	0,466	0,510	0,582	0,698	0,899	1,310	2,557	
Селективность (S_j), в долях единицы	0,015	0,069	0,298	0,843	0,943	0,621	0,368	0,215	0,126	0,073	0,043	0,025	
Доля зрелых особей ($\boldsymbol{p_j}$)	0,000	0,026	0,108	0,358	0,719	0,922	0,982	0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	
Средняя масса рыб (w_j), кг	0,057	0,369	1,018	1,984	3,201	4,594	6,087	7,618	9,138	10,610	12,008	13,316	
Абсолютная биомасса на начало года, тыс. т	23,37	64,28	100,55	38,43	98,00	80,65	47,57	17,89	14,01	8,52	3,54	1,54	498,35
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,65	10,86	13,74	70,46	74,33	46,71	17,82	13,99	8,52	3,54	1,54	263,16

Для Чукотской зоны на 2027 г. предлагается выделить из общего объёма ОДУ 1,8 тыс. т. В этом районе, начиная с 2021 г., происходило неуклонное снижение годового вылова трески до 0,10–0,16 тыс. т соответственно в 2024–2025 гг. из-за снижения ее запасов, а также отдалённости района лова (табл. 1).

Рекомендуется установить **ОДУ трески в 2027 г.: в Западно-Беринговоморской зоне** в объеме **54,000 тыс. т, в Чукотской зоне – 1,800 тыс. т**. **Допустимо перераспределение объёмов общего допустимого улова трески между Западно-Беринговоморской и Чукотской зонами без превышения суммарной величины общего допустимого улова трески**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Тестирование стратегии управления не проводилось, поскольку на запасы трески в 2027 г. в значительной степени будут оказывать влияние внешние факторы – запасы в восточной части моря, океанологическая обстановка в Беринговом море, способствующая или, наоборот, препятствующая миграциям в западную часть моря, и, наконец, наличие или отсутствие донного промысла на нерестилищах в период нереста, способного подорвать запасы в 2026 и 2027 гг.

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: Д.А. Терентьев, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой для оценки текущего и перспективного состояния запаса, определения ОДУ трески в Карагинской подзоне в 2027 г. послужили:

— сведения, собранные сотрудниками «КамчатНИРО» в сентябре–ноябре 2025 г. на снюрреводном промысле на РС «Малки-2», п/з «Святой Владимир», в сентябре–декабре из уловов разноглубинного трала на СРТМ «Виктория» и на береговом заводе «РК имени В.И. Ленина» (количество МП — 971 экз.);

— результаты донных траловых съемок, наблюдений на промысловых судах в прошлые годы;

— данные оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Информацию об общем вылове трески в 2012–2025 гг., полученную ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для трески в Карагинской подзоне в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1980 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески Карагинской подзоны применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))} \qquad \text{S1)}$$

где: $r_{1t} r_{2t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,1}, \ldots, \ln N_{t,11}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}\right]^T,$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,1}, \ldots, \ln C_{t,11}, \ln I_t^1, \ln I_t^2\right]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1— индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2— индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса трески Карагинской подзоны предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2),\ \sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$;

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2),\ \sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$.

Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы $\sum_C$ — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шум наблюдений для индекса общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

— коэффициент улавливаемости для индекса общей биомассы запаса q_2=1,0.

Для коэффициента естественной смертности карагинской трески выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$. Априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Использовали следующие входные данные:

— матрица вылова (млн экз.) трески по возрастным группам (1–11 лет) и годам промысла (1980–2025 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 1980–2025 гг. отдельно для первой и второй половин года;

— средняя масса рыб по возрастам и годам промысла (1980–2025 гг.);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная с использованием результатов полных биологических анализов трески (рис. 15);

В качестве настроечных индексов для модели использовали данные об уловах на единицу промыслового усилия (т/судосутки) (CPUE) за 2003–2025 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ, ведущих ярусный промысел в мае (рис. 16). В качестве предикторов выбраны факторы года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R.

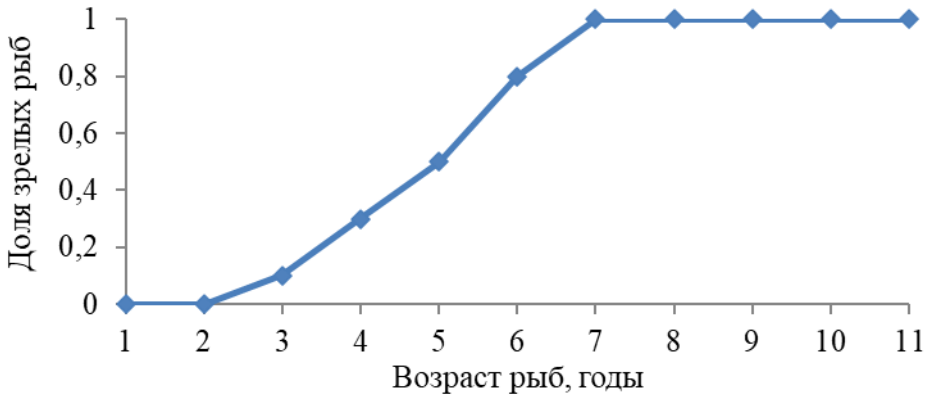


Рис. 15. Среднемноголетняя доля половозрелой трески Карагинской подзоны по возрастным группам

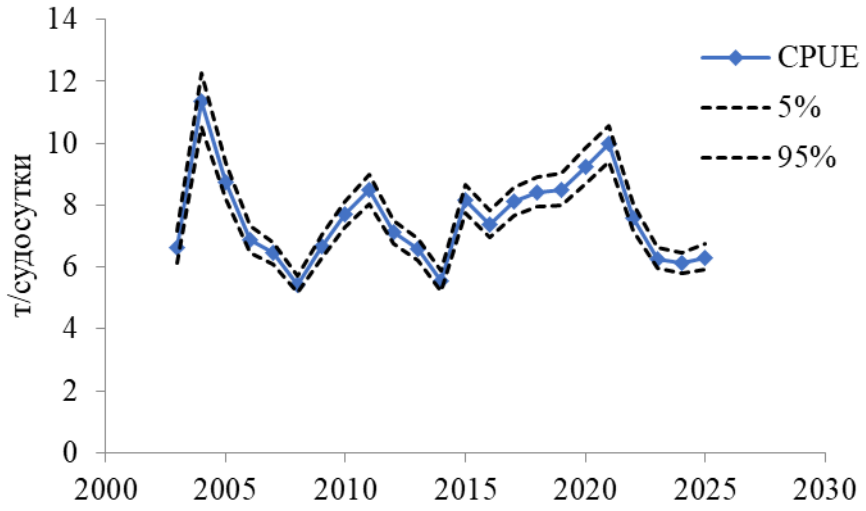


Рис. 16. Стандартизированные по модели GLM уловы на усилие судов типа СЯМ, ведущих промысел трески в Карагинской подзоне в мае

В Карагинской подзоне учётные работы проводятся с 1958 г. Основной задачей их первоначально являлся учет сеголетков сельди. В 1960-х гг. здесь же стали выполняться и снюрреводные учетные исследования на судах типа МРС в диапазоне глубин 20–200 м. Однако в 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, что самым неблагоприятным образом отразилось на возможности объективной оценки запасов и допустимых уловов промысловых рыб. В 2012 г. учетные работы в этом районе были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). При этом в 2016 г. съемка была ориентирована, прежде всего, на оценку запасов промысловых беспозвоночных, выполнена только на шельфе и в нестандартные для учета донных рыб сроки — июне, что делает результаты трудно сопоставимыми с данными прошлых лет. В 2017 г. учетная съемка проводилась только в акватории Олюторского залива на глубинах до 200 м, а в 2018 г. — не проводилась вовсе. В 2021 г. учетные работы в Карагинской подзоне выполнены в октябре, при этом съемка была

ориентирована только на оценку запасов промысловых беспозвоночных. Результаты по треске оказались нерепрезентативные, поэтому в качестве индекса запаса в расчетах не использованы. В 2022–2023 и 2025 гг. учетные съемки не проводились. В 2024 г. съемка была выполнена не в полном объеме, результаты по треске признаны нерепрезентативными.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Результаты учетных донных траловых съемок свидетельствуют, что после периода низкого уровня запасов трески в Карагинской подзоне (конец 1990–начало 2000-х гг.) с 2002 по 2007 гг. наблюдался рост биомассы до 105 тыс. т (рис. 17). В 2009–2011 гг. учетные работы в районе не проводились, однако данные, полученные специалистами «КамчатНИРО» осенью 2012 г., показали, что учтенная биомасса составляла около 70 тыс. т и была близка к среднемноголетнему значению. В 2013 г. проведена очередная съемка в акватории Карагинского и Олюторского заливов. По результатам исследований, биомасса трески в рассматриваемый период насчитывала около 107 тыс. т. По данным 2014 г., эта величина составляла 109 тыс. т, а в 2016 г. — 86 тыс. т. Очередная съемка была проведена в июле 2019 г. По ее результатам, биомасса трески оценена в 110 тыс. т. По данным съемки 2020 г. учтенная биомасса этого вида сократилась более чем в два раза и составила 48 тыс. т, а съемки 2024 г. — сократилась еще почти в 2,5 раза и оценена всего в 21 тыс. т. По указанным выше причинам для настройки в модельных расчетах это значение не использовано.

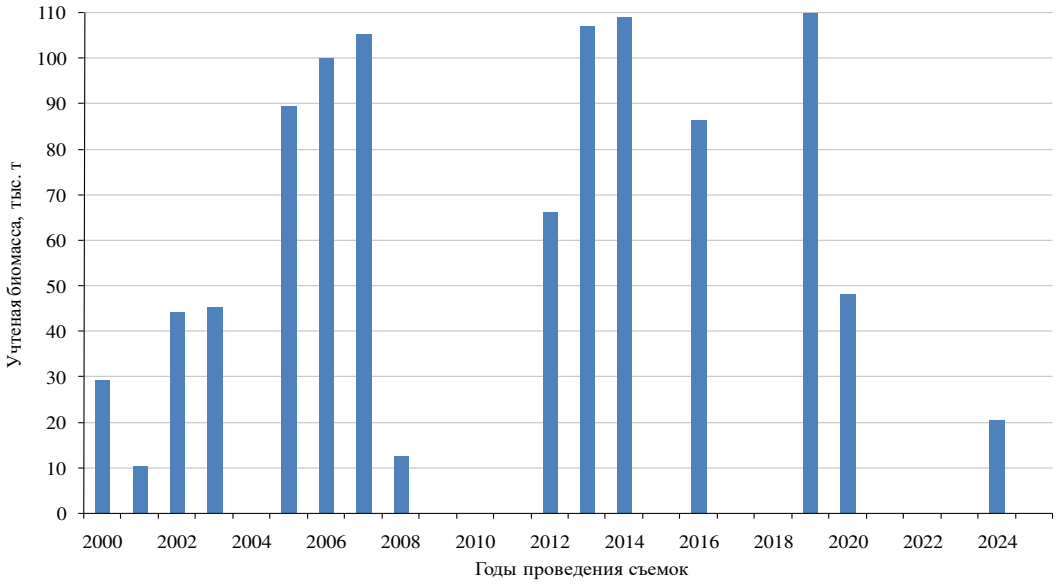


Рис. 17. Межгодовая динамика учтенной биомассы трески в Карагинской подзоне

Размерно-возрастной состав трески по данным учетных съемок 2016, 2019–2020 и 2024 гг. приведен на рисунке 18. В 2019–2020 и 2024 гг., основу уловов составляли особи в возрасте 2+ и 3+ (55,7; 71,1 и 58,5%

соответственно) лет. В возрастном составе уловов в 2016 г. обращает на себя внимание повышенная, по сравнению с другими годами, относительная численность рыб в возрасте 2+ (54,2%).

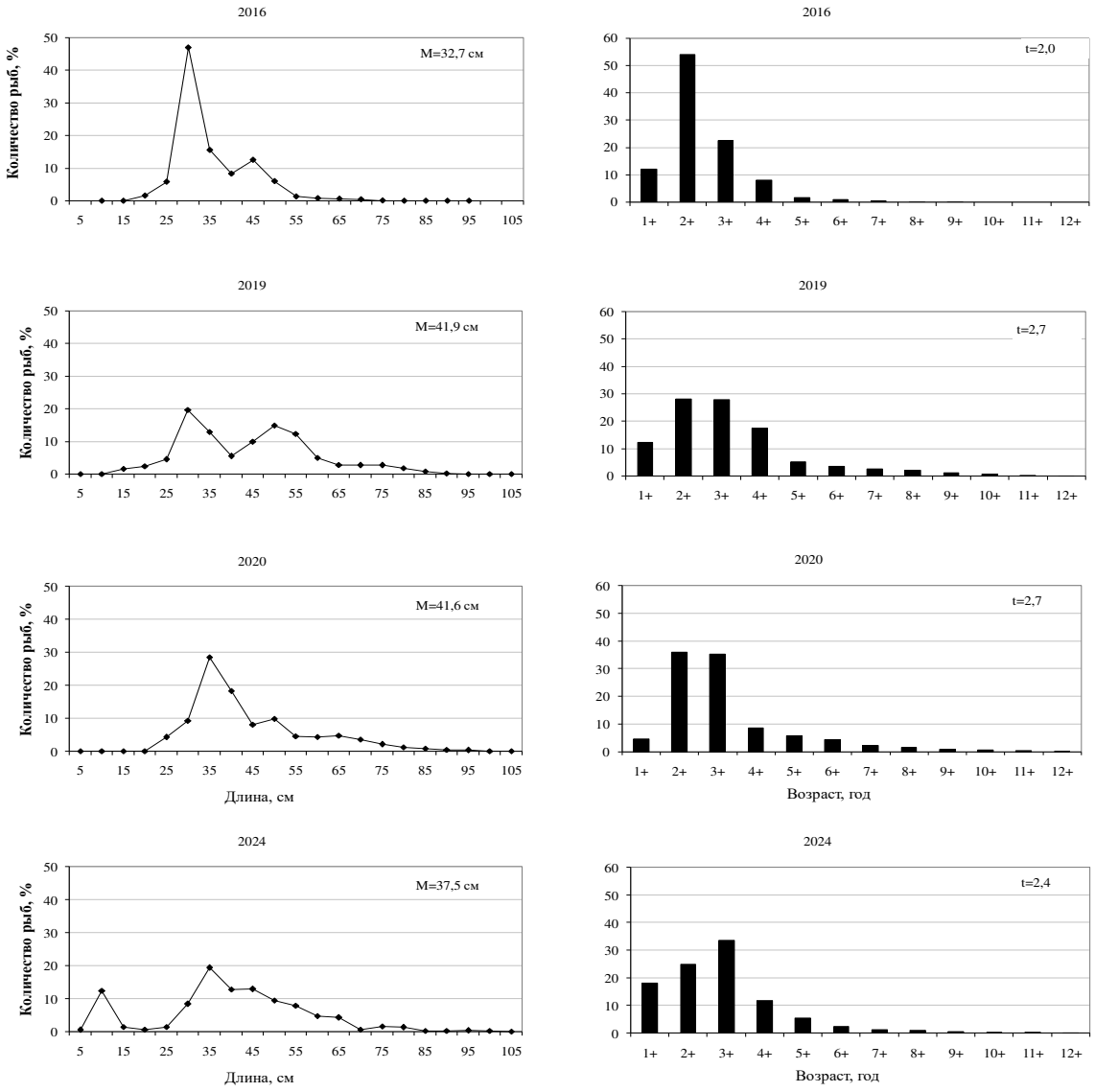


Рис. 18. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава трески Карагинской подзоны по данным учетных траловых съемок

По модельным оценкам, на начало 2025 г. запас трески по общей биомассе составил 62,3 тыс. т, по промысловой — 51,6 тыс. т, а по нерестовой — 26,2 тыс. т (рис. 19).

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности карагинской трески составила 0,372 год$^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,085.

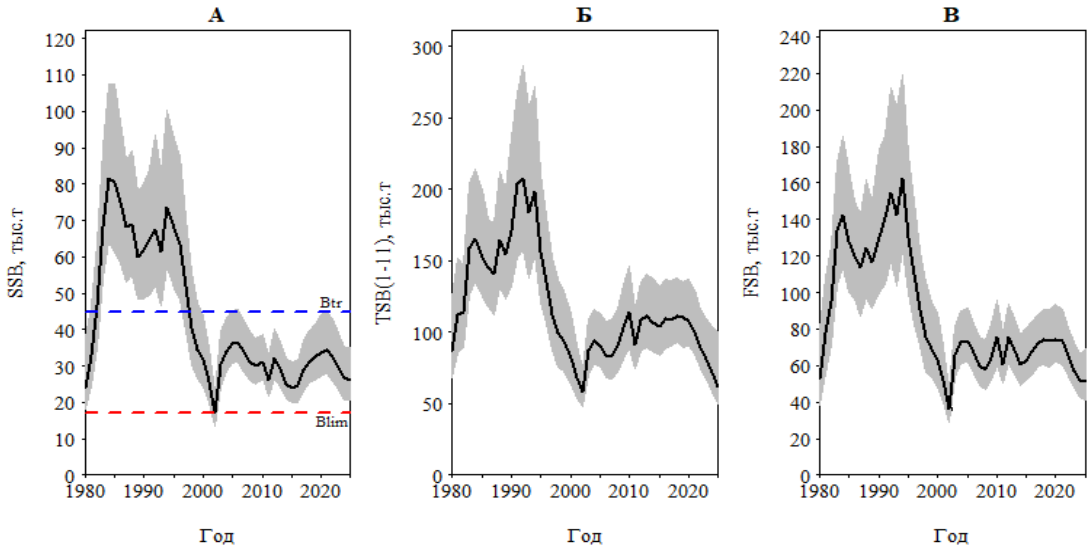


Рис. 19. Межгодовая динамика биомассы нерестового (А), общего (Б) и промыслового (В) запаса трески Карагинской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Коротко характеризуя динамику ресурсов трески Карагинской подзоны в 1980–2020 гг. по результатам модельных оценок, отметим отрицательный тренд биомассы, как общего, так и нерестового запаса, начиная с первой половины 1990-х гг. После 2004 г. наблюдалась некоторая стабилизация нерестового запаса с небольшим ростом общего и промыслового запасов вплоть до 2020 г. Численность поколений 2007–2018 гг. оценивается выше среднемноголетнего уровня (рис. 20). Однако бурного роста запаса в это время не происходило из-за высокой промысловой смертности (рис. 20) вследствие больших величин годового вылова трески после 2010 г. После 2020 г. запасы трески снижаются, и в настоящее время они находятся на низком уровне. Обусловлено это тем, что после 2018 г. на свет появлялись только неурожайные поколения.

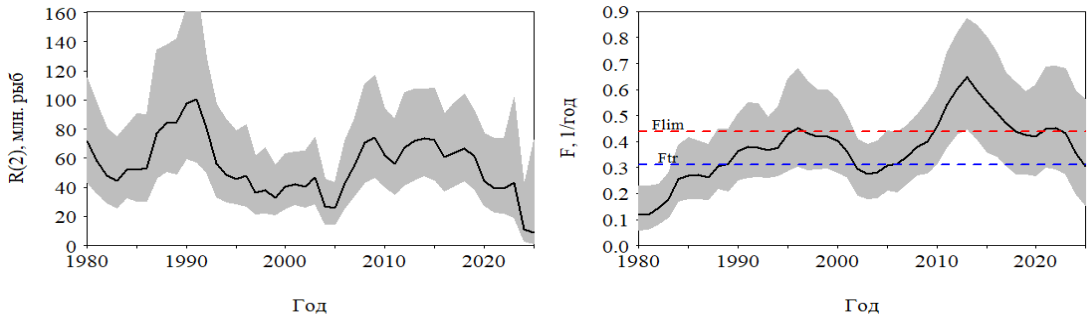


Рис. 20. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева), и коэффициентов промысловой смертности (слева) трески Карагинской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Ретроспективная динамика возрастных коэффициентов селективности трески Карагинской подзоны представлена на рисунке 21.

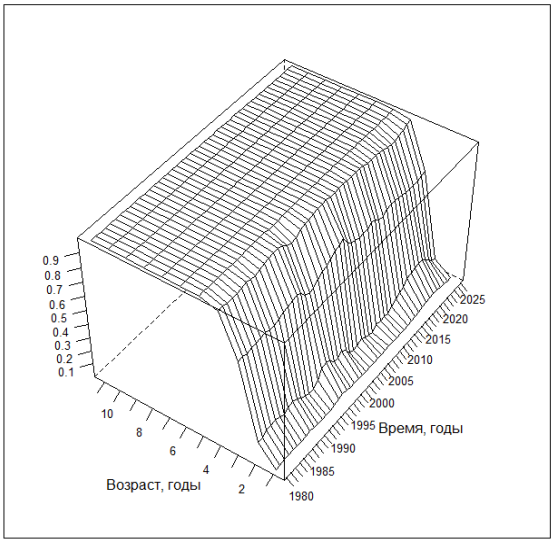


Рис. 21. Динамика возрастных коэффициентов селективности трески Карагинской подзоны

Межгодовая динамика модельных и наблюденных индексов запаса трески представлена на рисунке 22. Для диагностики результатов использовали отклонения между натуральными логарифмами наблюденных значений и их одношаговыми прогнозами по модели («нормированные обновления» [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p<0,05$.

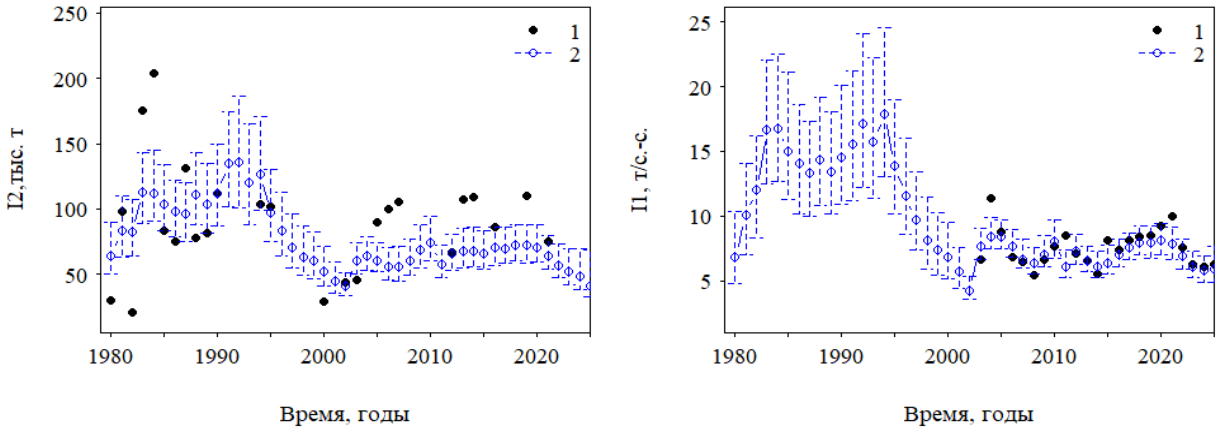


Рис. 22. Наблюденные значения индексов запаса (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2). Слева — данные траловых съемок, справа — стандартизованный улов на усилие

Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 23. Значение показателя Мона ρ для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило 13,3%. Предложено

[Hurtado-Ferro et al., 2015] считать нижним пороговым значением показателя Мона ρ для долгоживущих видов –15%, верхним — +20%. Треска относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому есть основания полагать, что ретроспективная смещенность модельных оценок нерестовой биомассы карагинской группировки этого вида является приемлемой.

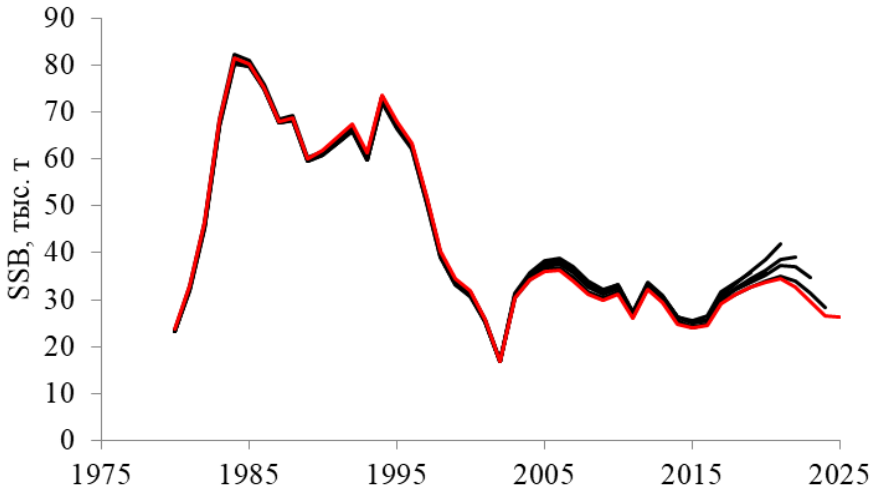


Рис. 23. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы трески

Состояние промысла. Заливы восточной Камчатки традиционно являются районами активного промысла трески. Начало ее лова советскими предприятиями относится к 1926–1928 гг. Основные добывающие базы на восточном побережье Камчатки организовывались во всех заливах к северу от м. Лопатка до о-ва Карагинский и м. Олюторский. В большинстве своем лов вели с маломерных моторизованных судов на удочки и яруса на незначительном удалении от баз обработки в пределах 10–15 миль.

На протяжении практически 25 лет, до середины 1950-х гг., ярусно-удебный лов трески просуществовал в первозданном виде. Новый этап освоения запасов этого вида у берегов Камчатки начался в 1954–1955 гг. с повсеместным изъятием трудоёмких в использовании ярусов и внедрением в практику промысла снюрреводов. Однако ожидаемого резкого увеличения промысловых показателей не последовало. Осредненные по пятилетиям годовые уловы тихоокеанской трески в заливах Восточной Камчатки изменялись в 1955–1970 гг. от 0,8 до 4,1 тыс. т. Очевидно, что столь невысокий вылов был обусловлен низким уровнем запасов.

Расцвет трескового промысла пришелся на 1980–1990-е гг., когда за счет появления во второй половине 1970-х гг. нескольких урожайных поколений, произошло резкое увеличение численности и промысловой биомассы трески во всех районах Северной Пацифики, что сразу же отразилось на величине годовых уловов. Так, по тихоокеанскому побережью Камчатки вылов возрос с 1,7 тыс. т (в 1978 г.) до 34,0 тыс. т (в 1984 г.), т.е. более чем в 20 раз, после чего уловы постепенно начали снижаться.

С 2016 по 2025 гг. общий вылов трески в Карагинской подзоне изменялся от 9,8 тыс. т (2025 г.) до 18,4 тыс. т (2018–2019 гг.) и в среднем составлял 16,3 тыс. т. Освоение ОДУ за этот же период в среднем равнялось 94,4%. В 2025 г. освоение ОДУ составило 99,0%, или 9,8 тыс. т (7,4 тыс. т — ярусами, 2,4 тыс. т — тралами и снюрреводами) (табл. 3).

Таблица 3

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ тихоокеанской трески в Карагинской подзоне

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2016	17,0	15,3	90,0
2017	17,0	17,0	100,0
2018	18,8	18,4	97,9
2019	18,9	18,4	97,4
2020	18,5	16,1	87,0
2021	20,0	18,3	91,5
2022	19,1	17,4	91,1
2023	18,1	17,3	95,6
2024	15,1	14,7	97,4
2025	9,9	9,8	99,0
Среднее	17,2	16,3	94,8

Вылов трески в Карагинской подзоне осуществляется преимущественно донными ярусами, а также маломерными и среднетоннажными судами, оснащенными снюрреводами (рис. 24).

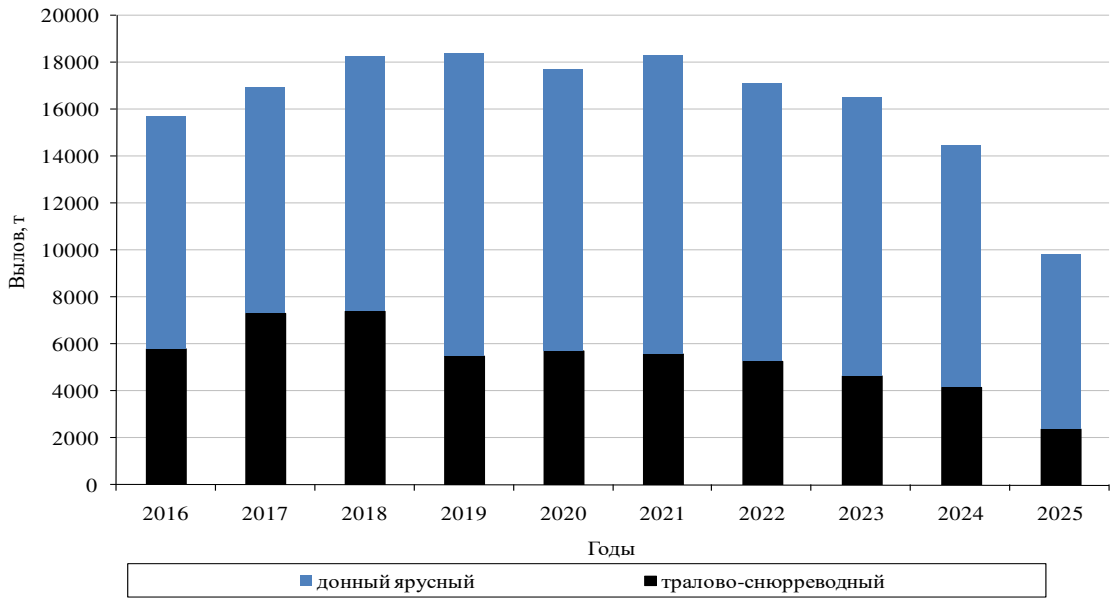


Рис. 24. Межгодовая динамика вылова трески в Карагинской подзоне на ярусном и тралово-снюрреводном промысле

В 2016 г. доля яруса в уловах составляла 63%, в 2017 г. снизилась до 56,7%, а в 2018 г. — вновь увеличилась до 59,3%. В 2019 г. изъятие трески

этим орудием лова равнялось 70,1%. Доля донного яруса в вылове в 2020 г. составляла 67,6%, в 2021 г. - 69,4%, в 2022 г. - 60,0%, в 2023 г. - 71,9%, а в 2024 г. - 71,2%. В 2025 г. эта величина достигла максимального за весь период наблюдений значения и составила 75,6% (рис. 25). В среднем в 2016–2025 гг. доля снюрреводного лова на промысле трески равнялась 22,5%, а вклад донных и разноглубинных тралов — 8,9 и 1,4% соответственно (рис. 26).

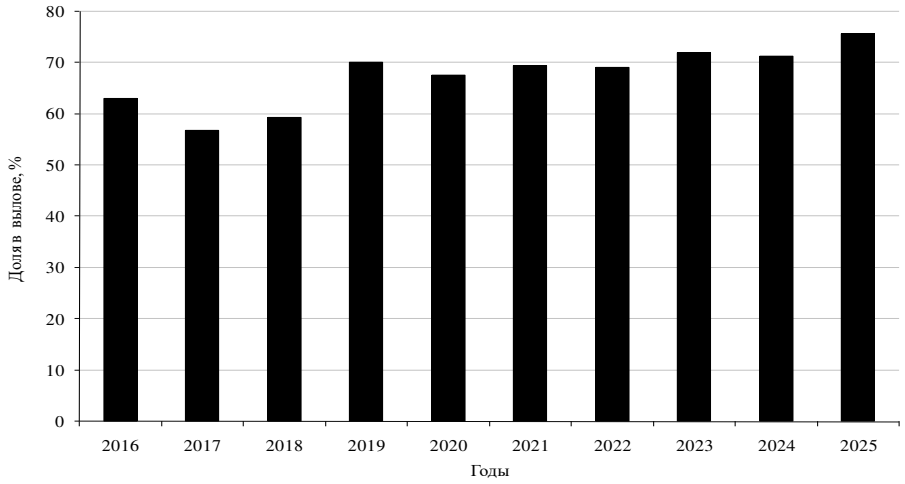


Рис. 25. Межгодовая динамика относительного количества вылова трески в Карагинской подзоне на донном ярусном промысле

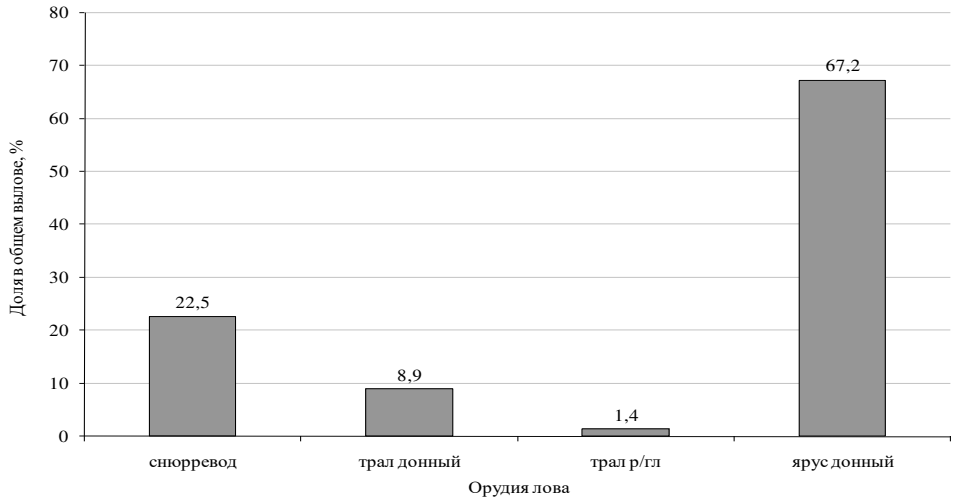


Рис. 26. Средняя доля вылова различными орудиями лова на промысле трески в Карагинской подзоне в 2016–2025 гг.

Из-за сложной ледовой обстановки в зимний период наиболее продуктивным для прибрежного лова трески тралами и снюрреводами в Карагинской подзоне является апрель–август (рис. 27). Интенсивность ярусного промысла достигает максимума в феврале–апреле. Лов ярусами продолжается до декабря.

Стандартизированный с помощью GLM улов на усилие в 2023-2025 гг. стабилизировался (рис. 27).

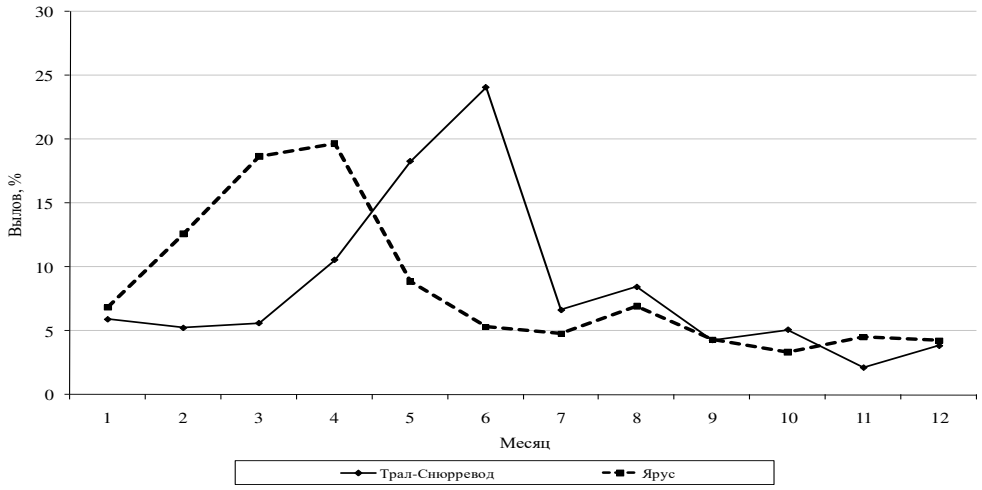


Рис. 27. Осредненная динамика уловов трески по месяцам в Карагинской подзоне в 2016–2025 гг.

В целом в 2016–2018 гг. количество судосуток на лову в Карагинской подзоне на тралово-снюрреводном промысле трески увеличивалось, а в 2019–2023 гг. — стабилизировалось на уровне 750 судосуток (рис. 28). В 2024 г. их количество увеличилось до 970, а в следующем году резко снизилось до 380.

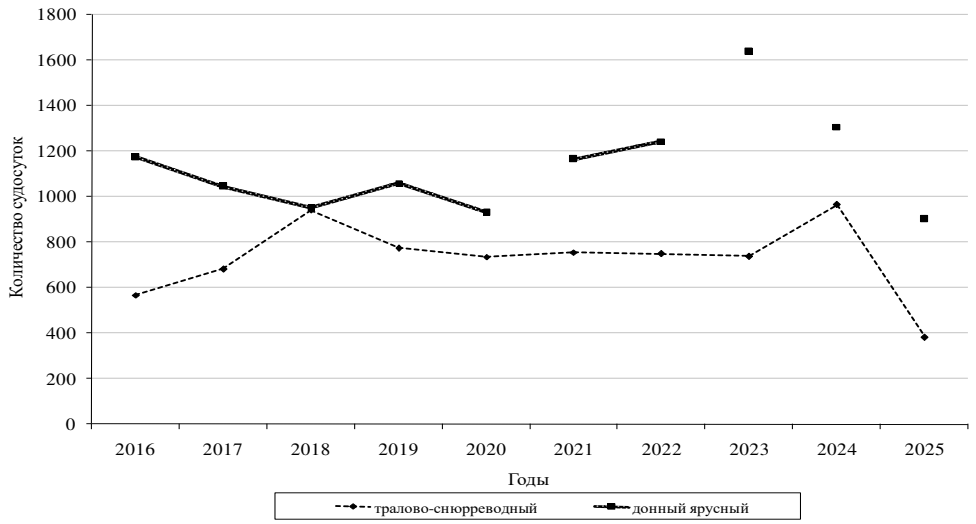


Рис. 28. Межгодовая динамика количества судосуток на тралово-снюрреводном и донном ярусном промыслах в Карагинской подзоне

На донном ярусном промысле количество судосуток на промысле с 2016 по 2020 гг. снижалось, а с 2021 г. наблюдался тренд к их увеличению. В 2023 г. количество судосуток на промысле достигло максимальной величины за рассматриваемый период - 1638, а в 2024-2025 гг. снизилось до 900.

С 2017 г. величина уловов на усилие на тралово-снюрреводном промысле снижалась до минимального значения в 2024 г. - 4,3 т/судосутки. В 2025 г. их величина несколько возросла - до 5,7 т.

После достижения максимума величины уловов на судосутки на донном ярусном промысле в 2020 г. (12,9 т) вплоть до 2023 г. она снижалась, а в 2024-2025 гг. стабилизировалась на уровне 7,7 т на судосутки (рис. 29).

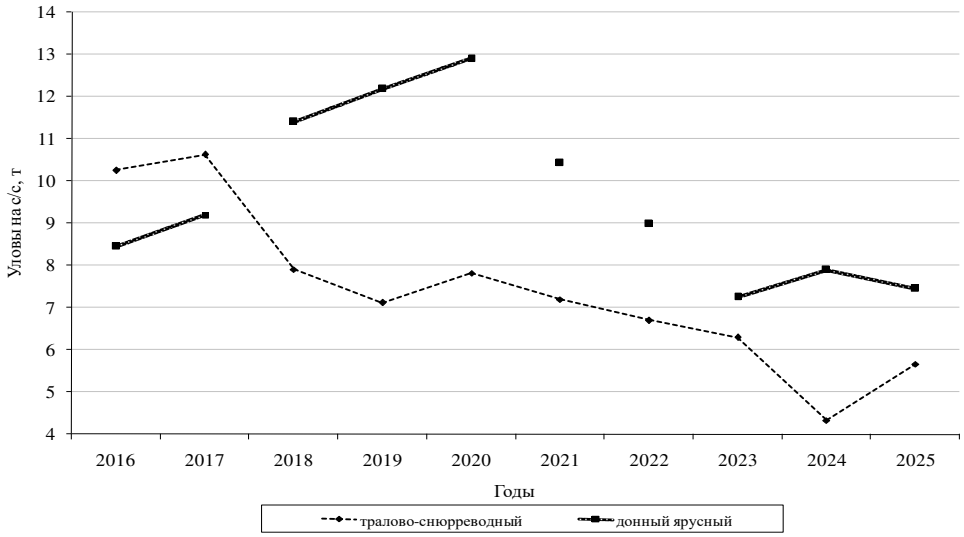


Рис. 29. Межгодовая динамика уловов на судосутки на тралово-снюрреводном и донном ярусном промыслах в Карагинской подзоне

Данные по размерному составу трески из тралово-снюрреводных уловов в 2016–2021 и 2024–2025 гг. представлены на рисунке 30. В 2016 г. основу уловов составляли рыбы длиной 30–50 см (78,4%), а в 2017–2018 гг. доминировали особи размерных групп 45–60 см (59,2 и 71,1% соответственно). В 2019–2020 гг. в уловах преобладали рыбы близких размеров – 45–65 см. В 2021 г. в уловах доминировала треска длиной 45-80 см (75,9%). В 2024–2025 гг. основу уловов составляли особи длиной 40–55 см (83,8 и 96,3% соответственно).

Тралово-снюрреводный промысел, в основном, базируется на облове 3–4-годовалых особей (рис. 31), чья средняя доля в уловах в рассматриваемый период составляла 50,3%. В 2016 г. для рыб возрастом 3–4 года этот показатель составил 50,6%, а 1–2 года — 32,5%. С 2017 по 2019 гг. отмечено снижение количества молоди с 12,3 до 7,1%, при этом доля 3–4-годовиков варьировала от 48,0 до 50,3%. В 2020 г. наблюдалось снижение доли особей этих возрастных групп в промысловых уловах (до 44,6%). Вклад 1–2-годовиков увеличился до 8,7%. В 2021 г. рыбы этих возрастных групп составляли всего 6,7% уловов. Доля 3–4-годовиков снизилась до 34,4%. В 2024 г. в уловах наблюдалось увеличение количества молоди до 9,9% при абсолютном доминировании группы 3–4-годовиков (83,9%). В 2025 г. доля модальной группы 3–4-годовиков составляла 94,8%.

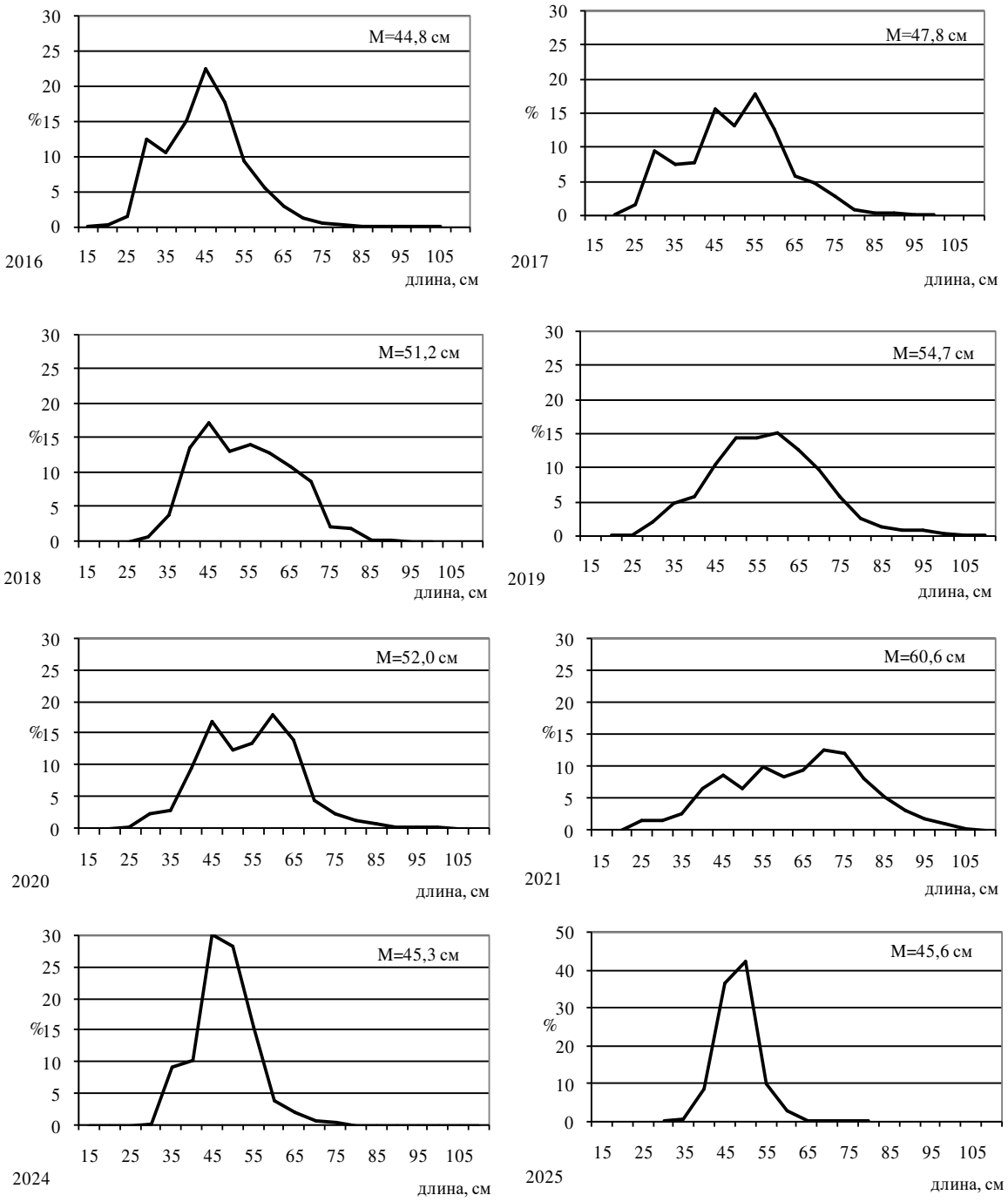


Рис. 30. Межгодовая динамика наблюденного размерного состава трески в Карагинской подзоне в тралово-снюрреводных уловах в 2016-2025 гг., %

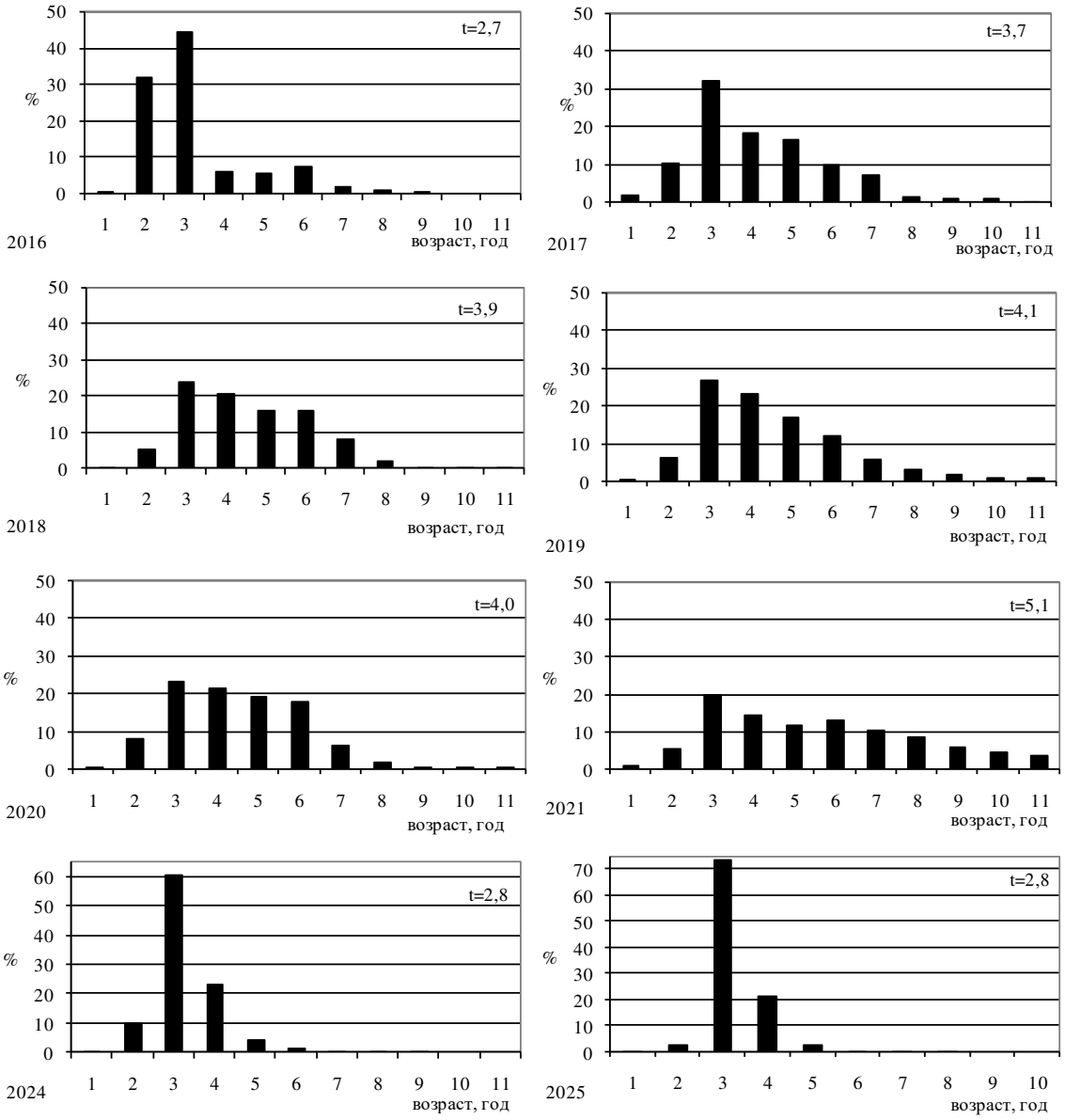


Рис. 31. Межгодовая динамика наблюденного возрастного состава трески Карагинской подзоны в тралово-снюрреводных уловах в 2016-2025 гг., %

В 2020 г. в донных ярусных уловах преобладали 4–7-годовалые рыбы (87,9%) длиной 55–70 см (75,8%). В 2021–2023 гг. основу ярусных уловов составляли 3–6-годовалые рыбы (82,6; 88,3 и 82,8% соответственно) длиной 50–70 см (78,9; 87,1 и 81,2% соответственно). В 2024 г. в уловах доминировали особи длиной 50–65 см (73,4%) и возрастом 3–6 лет (85,6%). Таким образом, доля основных возрастных и размерных групп в ярусных уловах в последние годы практически не изменялась (рис. 32). В 2025 г. данные по биологии трески на ярусном промысле собрать не удалось.

Итоговый размерный состав трески в 2025 г. рассчитали по данным на ярусном и тралово-снюрреводном промысле с учетом вылова в количественном выражении. Возрастной состав определяли по среднемноголетним размерно-возрастным ключам, сформированным по

полугодиям. Вместо отсутствующего размерного состава трески в ярусных уловах в 2025 г. использовали среднемноголетний размерный состав.

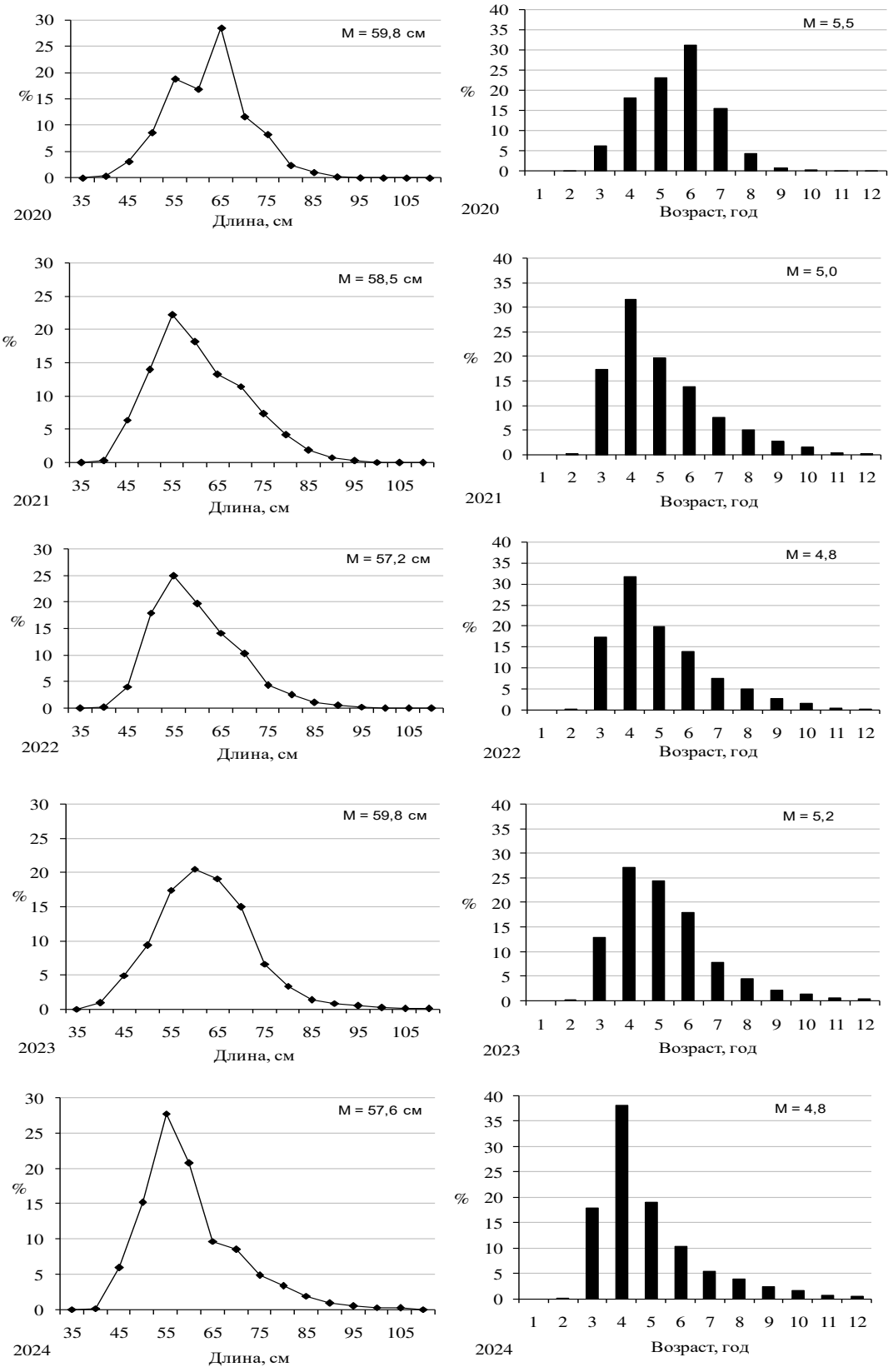


Рис. 32. Межгодовая динамика наблюденного размерного (слева) и возрастного (справа) составов трески Карагинской подзоны в уловах донным ярусом в 2020-2024 гг., %

Таким образом, в 2025 г. основу уловов составляли 3-годовики поколения 2022 г. (рис. 33).

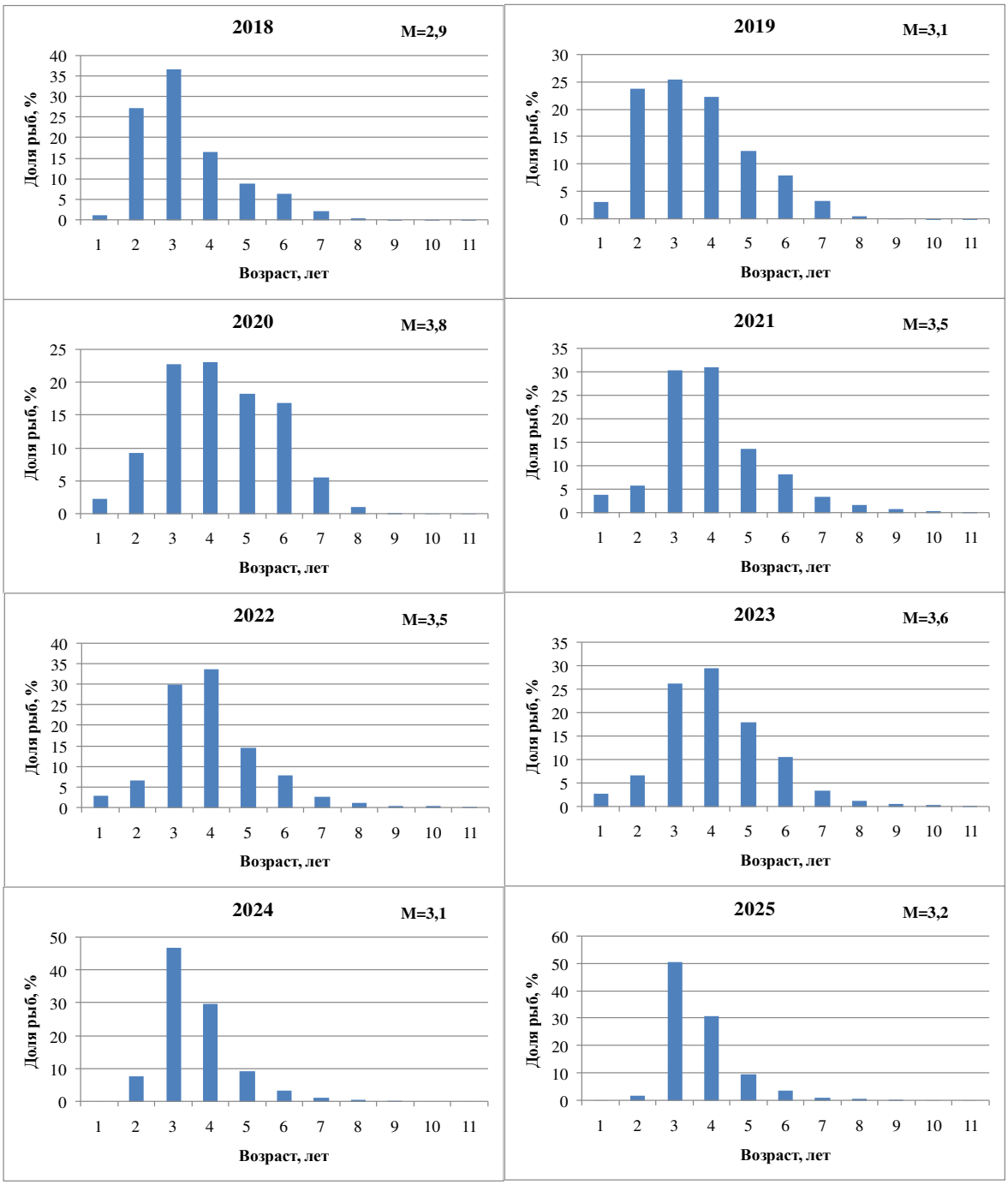


Рис. 33. Межгодовая динамика итогового (годового) возрастного состава трески в Карагинской подзоне в 2018-2025 гг., %

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла трески в Карагинской подзоне отметим следующее:

1. По результатам донных траловых съемок, ресурсы трески в Карагинской подзоне после 2019 г. снижаются. В 2025 г. съемка не проводилась, что добавляет неопределенность в оценки текущего и перспективного состояния запасов;

2. По модельным оценкам ресурсы трески в Карагинской подзоне после 2020 г. снижаются и в настоящее время находятся на низком уровне;

3. В 2023-2025 г. стандартизированный с помощью GLM улов на усилие был на низком стабильном уровне;

4. В 2025 г. освоение ОДУ составило 99%, что на фоне снижения уловов на усилие обусловлено, прежде всего, увеличением количества усилий;

5. После 2018 г. на свет появлялись только неурожайные поколения. Это дает основания предполагать дальнейшее снижение запасов этой группировки в ближайшие годы.

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г. ориентиры управления для карагинской трески были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 4.

Таблица 4

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

Ориентир	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
F_{lim}(Caddy), 1/год	0,386	0,392	0,417	**0,439**	0,466	0,509	0,518	0,443	0,035
F_{msy}(Рикер), 1/год	0,243	0,254	0,288	**0,311**	0,335	0,375	0,400	0,312	0,038
F_{msy}(Бивертон-Холт), 1/год	0,154	0,172	0,222	0,269	0,356	>2	>2	0,446	0,520
$F_{40\%}$, 1/год	0,214	0,215	0,220	0,225	0,232	0,243	0,246	0,227	0,008
$F_{0.1}$, 1/год	0,251	0,254	0,269	0,283	0,302	0,337	0,345	0,287	0,025
F_{med}, 1/год	0,241	0,250	0,292	0,316	0,340	0,377	0,389	0,316	0,038
F_{max}, 1/год	0,468	0,480	0,542	0,610	0,717	0,960	1,024	0,646	0,147
$Fl_{im}.B_{los}s$, 1/год	0,486	0,519	0,615	0,688	0,761	0,904	0,971	0,696	0,128
$Fl_{im}.B_{20bvi}r$, 1/год	0,415	0,418	0,431	0,443	0,459	0,486	0,492	0,446	0,020
B_{loss}, тыс. т	13,0	13,5	15,5	**17,0**	19,1	22,3	23,3	17,5	2,7
$B_{20\%}B_{vir}$, тыс. т	21,4	22,7	27,3	31,0	35,1	44,8	51,2	32,1	8,4
B_{msy}(Рикер), тыс. т	36,7	37,7	41,7	**44,8**	48,5	56,4	58,3	45,6	5,7
B_{msy}(Бивертон-Холт), тыс. т	4,6	5,8	31,9	42,2	53,0	70,2	80,3	43,0	25,9
SSB(F_{med}), тыс. т	33,5	35,5	41,3	45,5	50,8	62,2	67,3	46,8	9,5

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте)

Полученные оценки ориентира F_{msy} с учетом связи «запас-пополнение» [Sissenwine, Shepherd, 1987] и его популярных «заменителей» $F_{0.1}$ и F_{med} оказались довольно близки. Это может говорить об адекватности полученных оценок. В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy} по зависимости Рикера, т.е. F_{tr}=0,311 год$^{-1}$. Граничный ориентир промысловой смертности

предварительно определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: F_{lim}=0,439 год$^{-1}$. Величину F_0 приняли равной 0,1×F_{tr}=0,031 год$^{-1}$.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за моделируемый период: B_{lim}=17 тыс. т. Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас карагинской трески по модельным оценкам уже находился на этом уровне в 2002 г. и не потерял способности к расширенному воспроизводству.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по промысловой смертности на кривой равновесной биомассы: B_{tr}=SSB(F_{tr})=44,8 тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП трески в Карагинской подзоне, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация с постоянной интенсивностью на уровне F_{tr}. Схема ПРП представлена на рисунке 34.

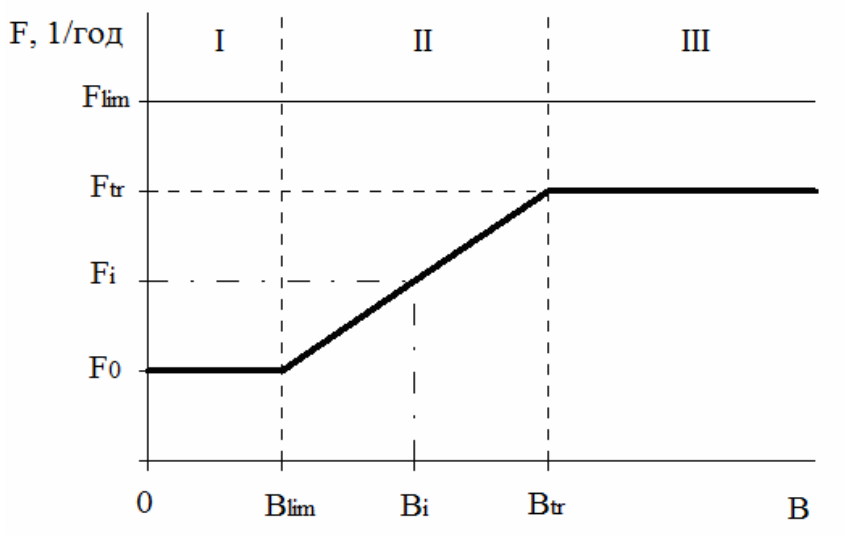


Рис. 34. Схема ПРП трески в Карагинской подзоне

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса трески в Карагинской подзоне и величины ОДУ на 2027 г.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам (рис. 15), что и в ретроспективе. Массу особей по возрастным группам и коэффициенты селективности по возрастам в прогнозный период принимались равными средним за последние 10 лет (рис. 21). Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует величине ОДУ, равной 9,7 тыс. т.

В качестве пополнения запаса карагинской трески на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет величину годовиков (рис. 20). Её оценка в 2026–2027 гг. составит 43,87 млн экз.

Статистические характеристики оценок численности и биомассы трески Западной Камчатки в возрасте 2 года и старше в 2026–2027 гг. представлены в таблице 5.

Таблица 5

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) карагинской трески в 2026–2027 гг.

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
SSB(2026), тыс. т	19,472	24,407	28,072	31,951	38,551	**28,461**	5,897
SSB(2027), тыс. т	17,576	23,526	27,534	33,129	42,956	**28,996**	8,914
C(2027), тыс. т	0,801	2,785	4,972	8,242	17,736	6,597	6,051

Примечание: жирным шрифтом выделены принятые величины (пояснения в тексте)

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляются внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляются с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделируется динамика запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций (n=1000) осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы по результатам вероятностного прогноза представлены в таблице 5.

Согласно вероятностному прогнозу, на начало 2026 г. средняя оценка нерестового запаса составит 28,5 тыс. т, а начало 2027 г. — 29,0 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2026 и 2027 гг. ниже граничного ориентира по биомассе составила 1,2 и 4,2% соответственно, ниже целевого ориентира — 99 и 95,8% соответственно.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

На начало 2027 г. средняя оценки биомассы нерестового запаса составит 29,0 тыс. т, что соответствует области восстановления

эксплуатируемого запаса (режим II на рис. 34). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит 0,16 год[1].

Согласно ПРП, медиана оценки общего допустимого улова трески в Карагинской подзоне в 2027 г. составит 9,7 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при среднемноголетней величине пополнения биомасса нерестового запаса трески в Карагинской подзоне не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 35).

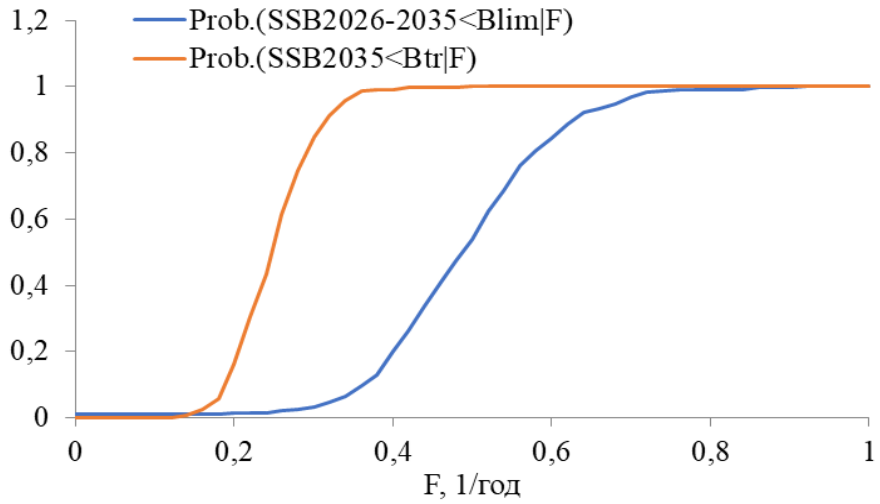


Рис. 35. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α=0,1–0,2 [Бабаян, 2000]. При этом запас с вероятностью 88% к 2035 г. будет ниже целевого ориентира по биомассе.

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при среднемноголетней (за последние 10 лет) величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 36, при соблюдении ПРП после 2025 г. запас трески с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет восстанавливаться до уровня целевого ориентира по биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отказываться от предлагаемой стратегии управления, она является эффективной.

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ

рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028} < B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027} > F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha = 0{,}1–0{,}2$ [Бабаян, 2000], то нет оснований для пересмотра стратегии управления. Проведенный анализ показал, что риски перелова по пополнению и по росту при рекомендуемой величине ОДУ на 2027 г., равной 9,7 тыс. т, не превышают уровня $\alpha = 0{,}1–0{,}2$ (рис. 37). Следовательно, величина ОДУ приемлема.

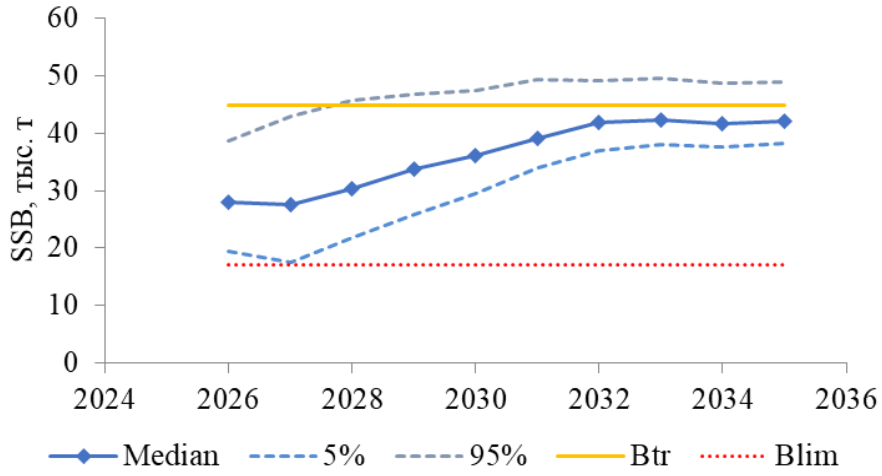


Рис. 36. Процентили распределения биомассы нерестового запаса карагинской трески при рекомендованной согласно ПРП интенсивности изъятия

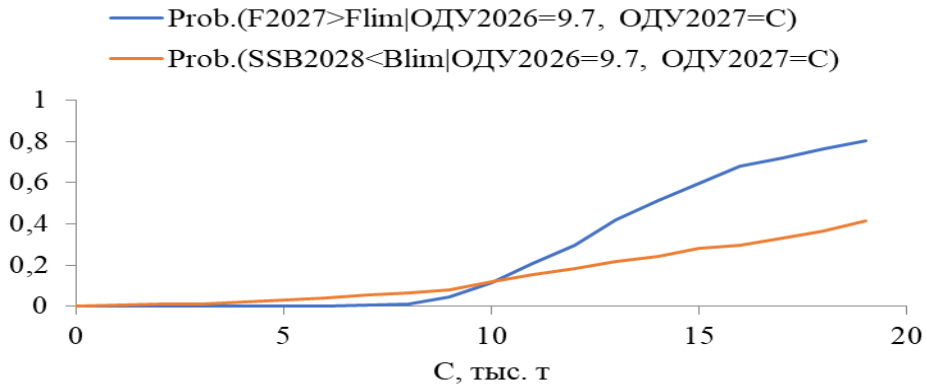


Рис. 37. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Карагинской подзоны в 2026–2027 гг.

Окончательный вид ПРП трески Карагинской подзоны с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2012 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 38.

Таким образом, **ОДУ трески в Карагинской подзоне в 2027 г.** составит **9,700 тыс. т.**

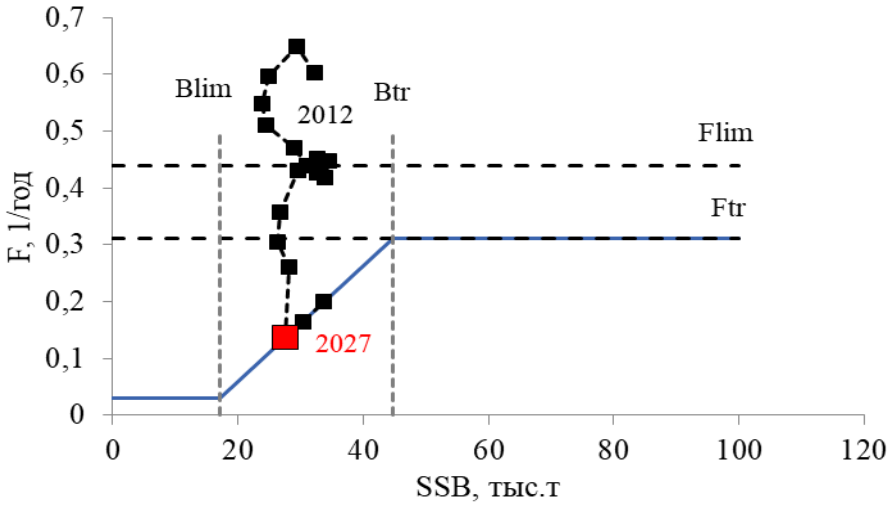


Рис. 38. Реализация правила регулирования промысла

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона

Исполнители: Д.А. Терентьев, О.И. Ильин» («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ информационного обеспечения прогноза

Основой для оценки текущего и перспективного состояния запаса, определения ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2027 г. послужили следующие данные:

— материалы, собранные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» в Петропавловско-Командорской подзоне в 2025 г.: в марте — на СРТМ «Мыс Золотой» и в декабре на рыбообрабатывающем предприятии РК «Колхоз имени В.И. Ленина» (снюрревод, массовые промеры (МП) — 309 экз.), в марте — на СЯМ «Калам» (донный ярус, МП — 2744 экз.);

— стандартизированные по полигонам результаты учетной донной траловой съемки, выполненной на МРТК-316 и МРТК «Инженер Мартынов» в июне-июле 2025 г. в Кроноцком, Авачинском заливах и у юго-восточного побережья Камчатки на МРТК-316 (84 траления на глубинах 28–207 м, МП минтая — 1188 экз.) (рис. 39);

— результаты донных траловых съемок за прошлые годы, многолетние данные о биологическом состоянии трески в промысловых уловах с 1980 по 2024 гг.,

— данные оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Сведения об общем вылове трески в 2012–2025 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по данным из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

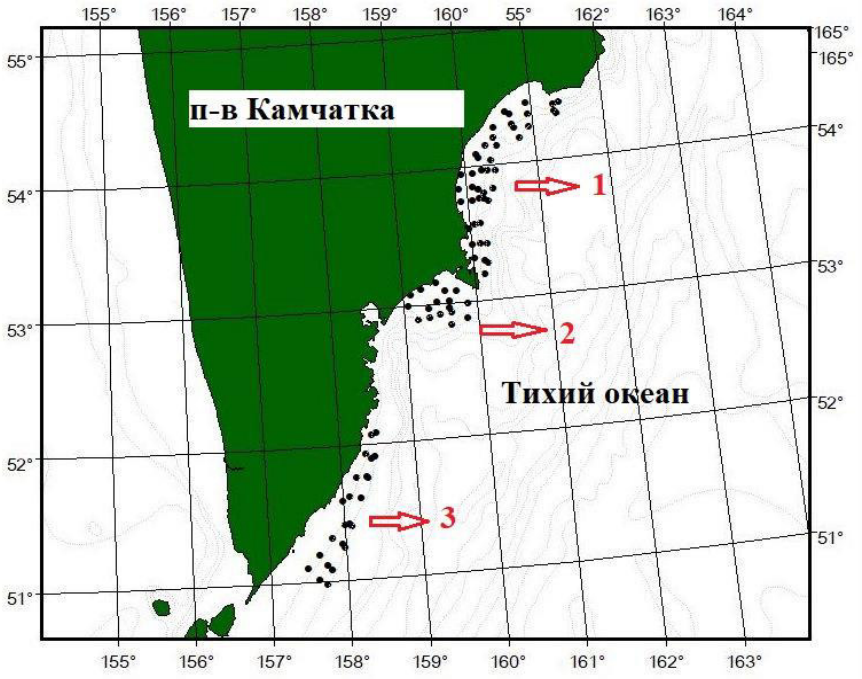


Рис. 39. Схема станций донной траловой съемки, выполненной в Петропавловско-Командорской подзоне в июле 2025 г. на стандартных полигонах: 1 — Кроноцкий залив, 2 — северная часть Авачинского залива, 3 — юго-восточное побережье Камчатки

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для трески в Петропавловско-Командорской подзоне в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1990 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценок общего запаса на стандартных полигонах по результатам донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески Петропавловско-Командорской подзоны применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))} \qquad S1)$$

где: $r_{1t} r_{2t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,12}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}\right]^T,$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,12}, \ln I_t^1, \ln I_t^2\right]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1— индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2— индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2),\ \sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \qquad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$;

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2),\ \sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$. Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы $\sum_C$ — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$.

Для коэффициента естественной смертности Петропавловско-Командорской подзоны выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Исходные данные следующие:

— матрица вылова (млн экз.) трески по возрастным группам (2–12 лет) и годам промысла (1990–2025 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 1990–2024 гг.; отдельно рассчитывали матрицу вылова для ярусного и снюрреводного промысла, затем полученные данные суммировали. Поскольку в 2025 г. не удалось собрать данные по размерно-возрастному составу трески на донном ярусном промысле, для расчетов использовали среднемноголетние данные за 2020–2024 гг.

— среднемноголетняя масса рыб за период 1990–2025 гг. по возрастам;

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная с использованием результатов массовых промеров трески со вскрытием в осенне-зимний период (рис. 40).

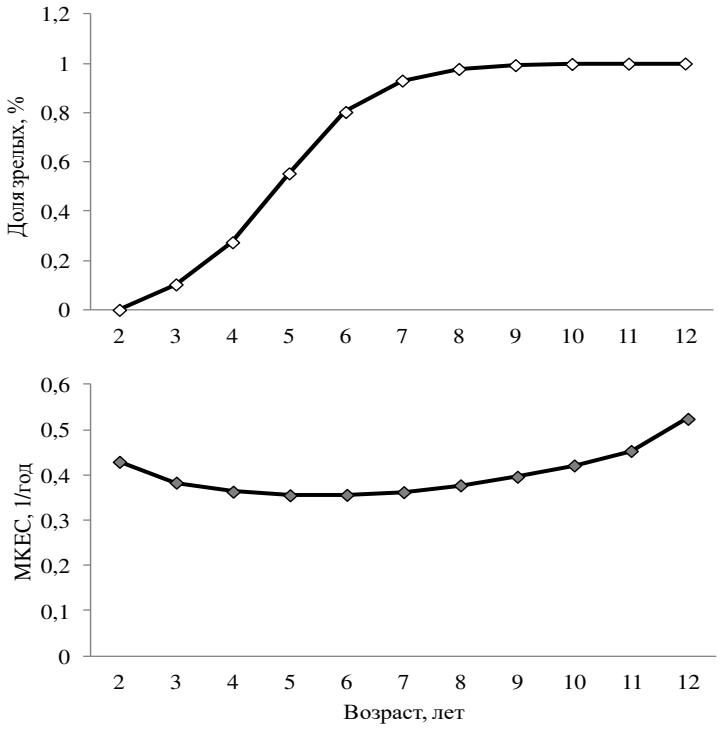


Рис. 409. Исходные данные по треске Петропавловско-Командорской подзоны для расчетов с использованием модели «Синтез»

В качестве настроечных индексов для модели использовали уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) в 2003–2025 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ, ведущих промысел донным ярусом в декабре (рис. 41). В качестве предикторов выбраны факторы года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R.

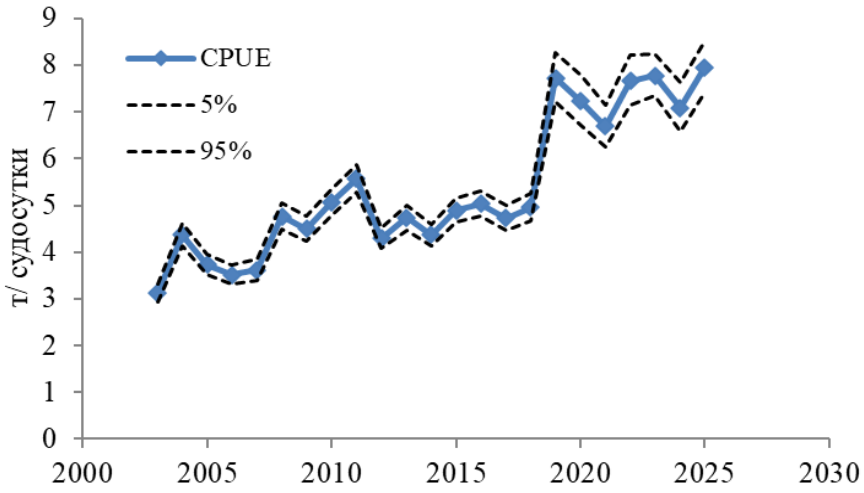


Рис. 41. Межгодовая динамика стандартизованных уловов на усилие трески Петропавловско-Командорской подзоны

Обычно в качестве индекса состояния запаса для настройки модели используются также результаты учетных съемок. Одним из основных методов учета запасов донных видов рыб, являются донные траловые съемки. В отличие от Охотского моря, такие работы в тихоокеанских водах Камчатки проводятся крайне нерегулярно. Полноценные донные траловые съемки в этом районе были выполнены в 1984, 1999, 2002 гг. В 2010–2014 гг. проводились снюрреводные съемки. Из-за отсутствия сведений об уловистости учетного снюрревода, результаты этих исследований практического применения не получили.

С 2016 г. «КамчатНИРО» возобновил учетные работы донным тралом силами собственных научно-исследовательских судов. Для этих целей были разработаны специальные учетные тралы, пригодные для использования на судах типа МРТК, отработана схема бесконтактной передачи трала с уловом с одного судна на другое.

Ранее было показано [Савин, 2014], что к лету часть восточнокамчатской трески мигрирует на север в Камчатский и Карагинский заливы. Заметим, что по результатам съёмок, выполненных в 1999 и 2002 гг. в Петропавловско-Командорской подзоне, наибольшие величины уловов наблюдались именно на шельфе Камчатского залива [Варкентин и др., 2019]. Так как учётные работы после 2002 г. на этой акватории не проводились, полученные оценки характеризуют лишь часть запасов трески. В этой связи использовать эти данные в качестве индекса общей биомассы не представляется возможным. Тем не менее, в качестве дополнительной информации материалы донных траловых съемок приведены в настоящем обосновании.

Результаты исследований 1999, 2002, 2016–2025 гг. были стандартизированы по полигонам (рис. 39). На акватории исследований выделили 3 полигона (полигон 1 — Кроноцкий залив, полигон 2 — северная часть Авачинского залива, полигон 3 — юго-восточная Камчатка). Их

размеры определили так, чтобы в границы попало как можно большее количество станций. Приоритетными, с точки зрения оценки запасов трески, являются полигоны в Кроноцком и в северной части Авачинского заливов [Варкентин и др., 2019].

Плотность рыб и величину запасов оценивали отдельно для каждого полигона методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcVeiw Gis 3.3. При оценке запасов коэффициент уловистости для всех видов рыб принимали равным 1. Подробно алгоритм расчетов представлен в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. По результатам донной траловой съемки летом 2025 г. наибольшие скопления трески наблюдали в Кроноцком заливе (рис. 42).

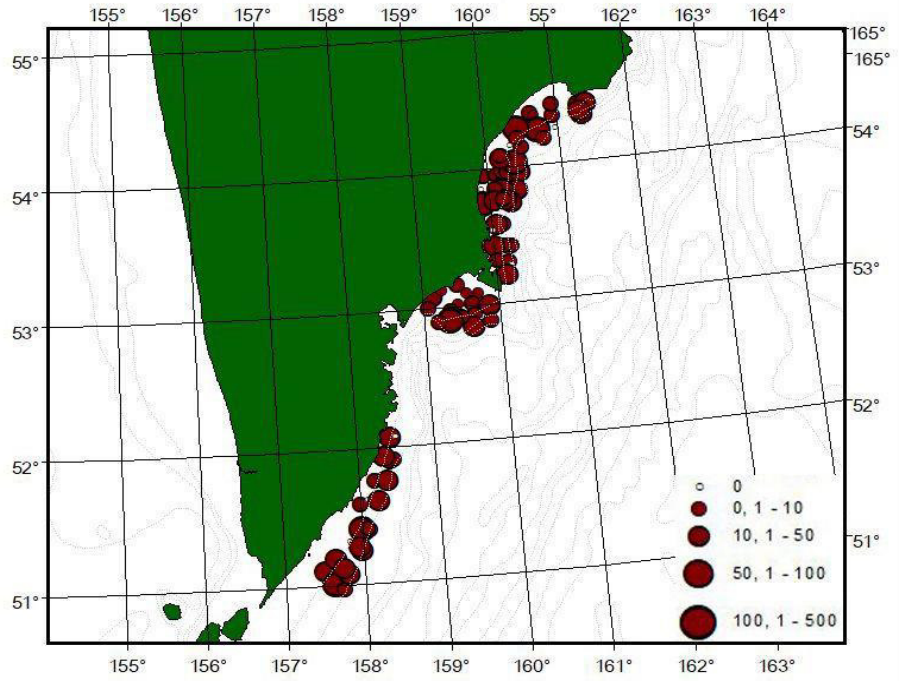


Рис. 42. Пространственное распределение уловов трески по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне в июне–июле 2025 г., кг/ч траления

В последние годы максимальная биомасса вида была зафиксирована в 2019 г., затем ее величина стала снижаться и в 2022 г. достигла наименьших показателей за период 2016–2022 гг. (табл. 6). В 2023 г. на стандартных полигонах при $К_У$, равном 1, было учтено 2,945 тыс. т. В 2024 г., по объективным причинам, были обследованы только полигоны в Кроноцком и Авачинском заливах, однако, на первом из них зарегистрированы максимальные за последние 10 лет показатели биомассы, а общая учтенная биомасса составила 4,815 тыс. т. В 2025 г. эта величина увеличилась до

6,299 тыс. т, что косвенно свидетельствует о благополучном состоянии запасов.

Таблица 6

Межгодовая динамика индекса общей численности (N) и биомассы (B) трески ($К_у$=1) по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок

Год/Полигон*	N, млн экз.				B, тыс. т			
	1	2	3	Всего	1	2	3	Всего
2016	1,510	0,981	0,349	2,840	0,525	0,690	0,178	1,393
2017	—	2,022	0,489		—	1,156	1,150	
2018	2,236	0,483	0,491	3,210	3,250	0,501	0,639	4,390
2019	1,776	1,163	1,411	4,350	3,242	0,872	1,621	5,735
2020	1,272	0,240	0,612	2,124	2,637	0,251	1,014	3,902
2021	0,603	0,121	0,557	1,281	2,264	0,113	0,894	3,271
2022	0,247	0,346	0,300	0,883	0,468	0,132	0,260	0,860
2023	1,575	0,095	0,053	1,723	2,709	0,112	0,124	2,945
2024	2,160	0,613	—		4,188	0,627	—	
2025	1,301	0,517	1,137	2,955	3,287	1,007	2,005	6,299

Примечание: 1 — Кроноцкий залив; 2 — северная часть Авачинского залива; 3 — юго-восток Камчатки; «–» — нет данных

Некоторые сведения о размерно-возрастном составе трески на полигонах по результатам донных траловых съемок представлены на рисунках 43–44.

В 2018 г. в уловах доминировали особи генераций 2014–2015 гг. длиной 45–50 см (52,9%). В 2019–2020 гг. преобладали рыбы длиной 35–55 см и возрастом 2+-4+. В 2021 г. наибольшая доля в уловах приходилась на рыб длиной 40 см (13%) и 50–55 см (26,9%), возрастом 3+–5+. В 2023 г. преобладали особи длиной 50–55 см (50%), в возрасте 4+–5+. В целом, с 2018 по 2021 гг. средние значения длины и возраста рыб неуклонно росли, а в 2023 г. оставались на уровне 2021 г., что может указывать на отсутствие урожайных поколений. Из-за малого количества промеров, построить размерно-возрастной состав трески по результатам донной траловой съемки в 2022 г. не представилось возможным. В 2024 г. в уловах доминировали рыбы модальной группы 40–55 см (59,3%) возрастом 3+–5+. В 2025 г. преобладали особи длиной 50–65 см (59,0%) возрастом 5+–6+. В 2023–2025 гг. основной размерной группой в уловах были рыбы в возрасте 5+ (от 27,0% — в 2024–2025 гг. — до 38,5% — в 2023 г.).

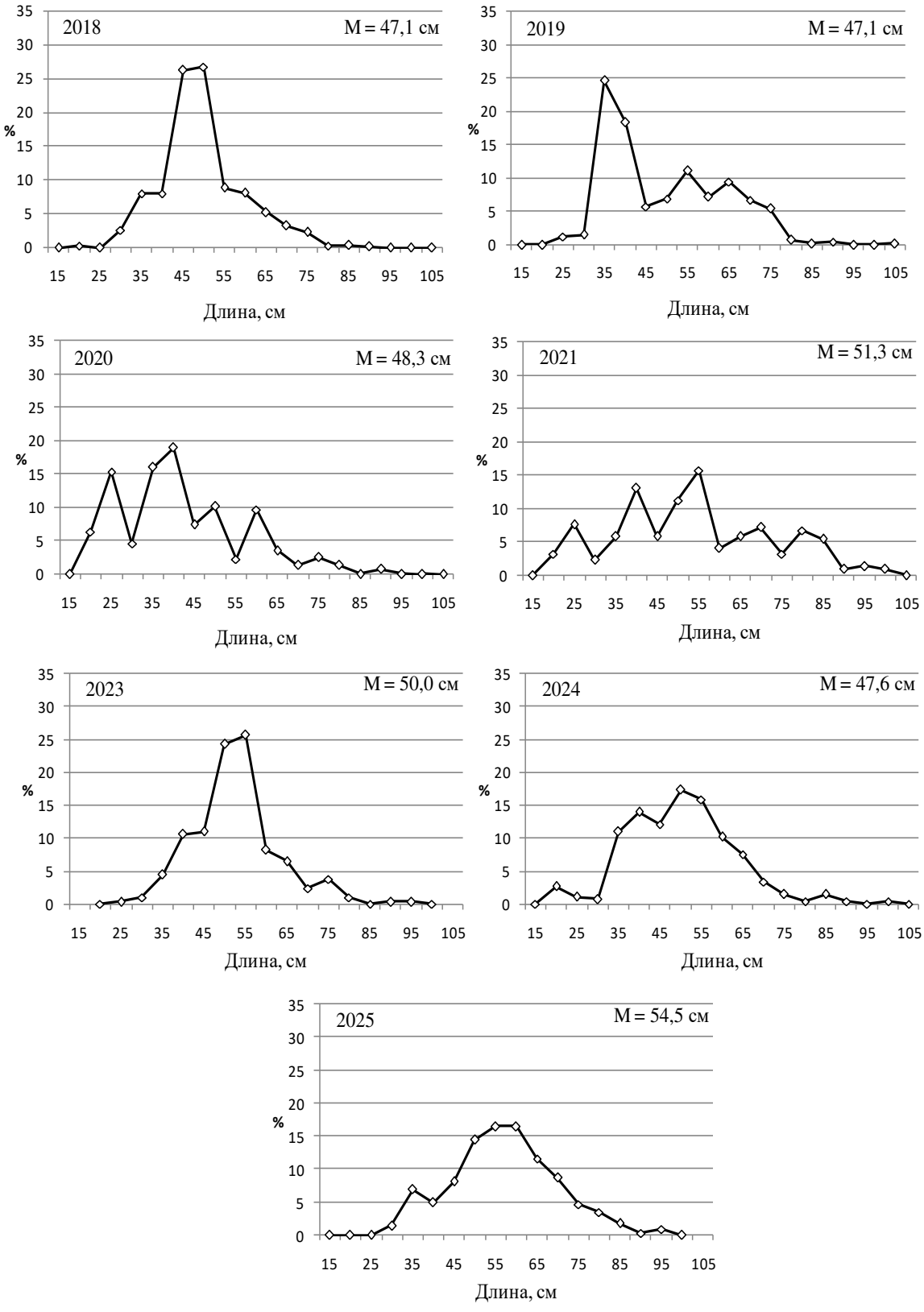


Рис. 43. Межгодовая динамика размерного состава трески по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне в 2018-2025 гг., %

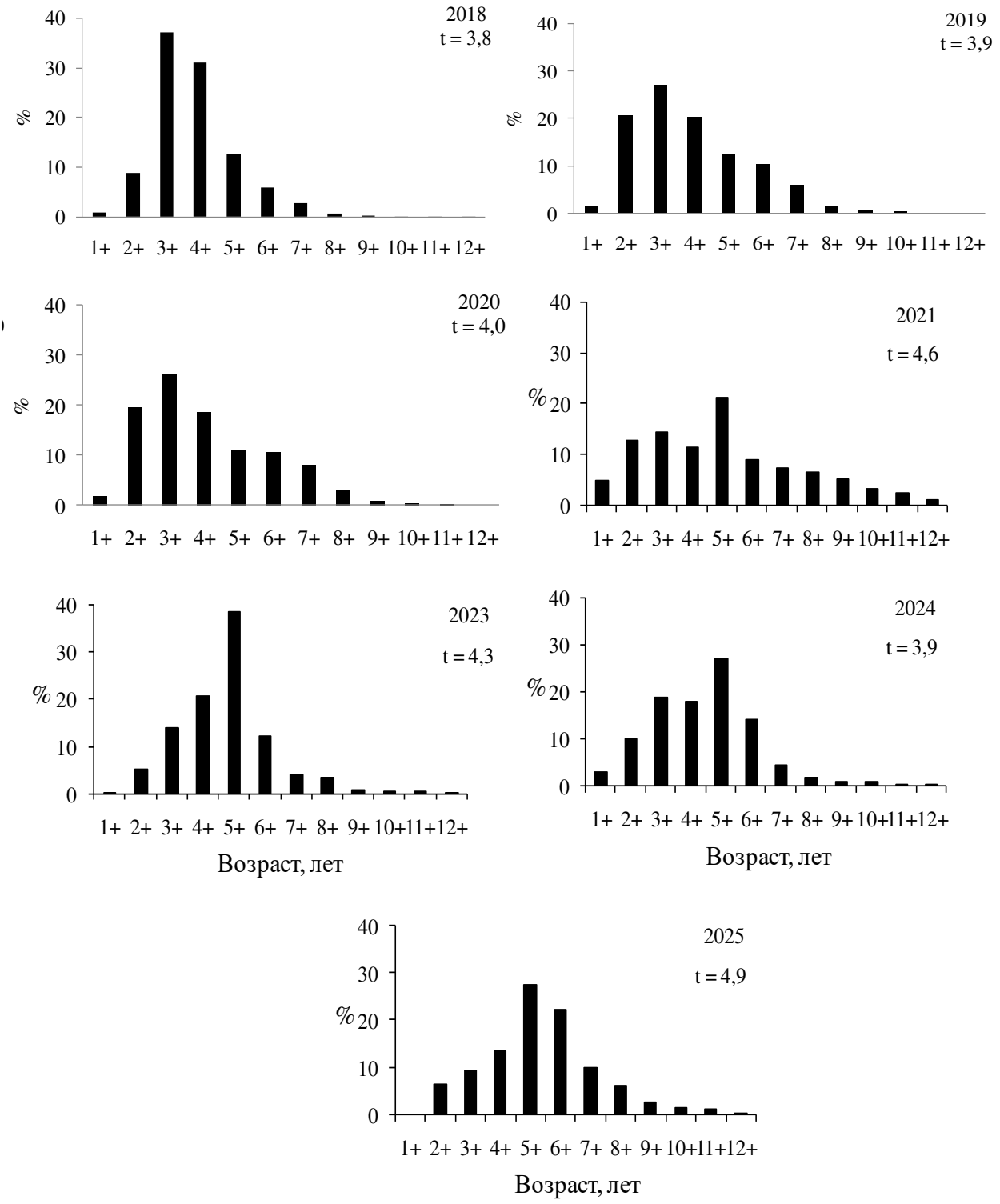


Рис. 44. Межгодовая динамика возрастного состава трески на полигонах по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне в 2018-2025 гг., %

По модельным оценкам, на начало 2025 г. запас трески по общей биомассе составил 171,2 тыс. т, по промысловой — 81,8 тыс. т, по нерестовой — 91,6 тыс. т (рис. 45).

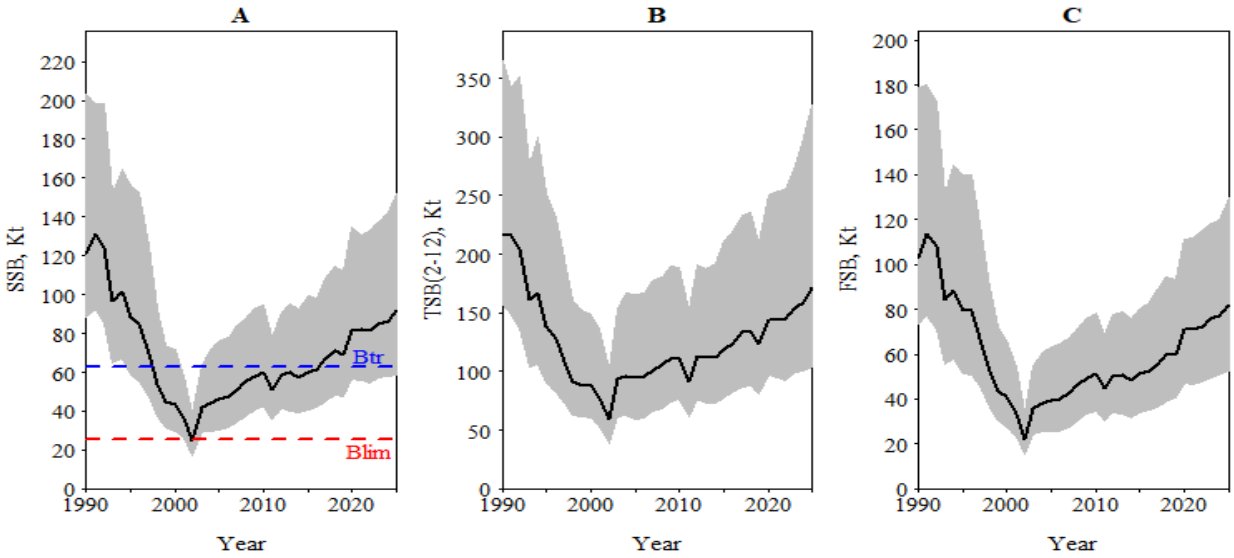


Рис. 45. Межгодовая динамика биомассы нерестового (A), общего (B) и промыслового (C) запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности составила 0,368 год$^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,148.

Кратко характеризуя динамику запасов трески Петропавловско-Командорской подзоны по результатам модельных оценок, отметим длительное снижение биомассы, как общего, так и нерестового запаса с 1990 г. до первой половины 2000-х гг. После этого начался период постепенного роста ресурсов, который продолжается и в настоящее время. Рост запасов обусловлен появлением после 2008 г. только средних либо урожайных поколений, причем в 2018-2023 гг. все поколения были высокочисленными (рис. 46). Таким образом, в настоящее время ресурсы трески в Петропавловско-Командорской подзоне находятся на высоком уровне.

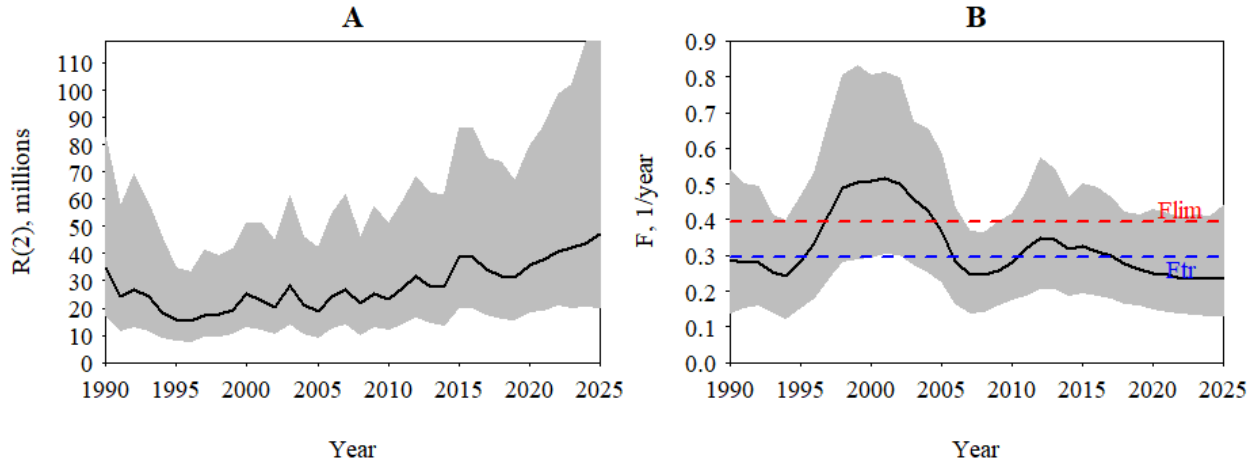


Рис. 46. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева), и коэффициентов промысловой смертности (справа) трески Петропавловско-Командорской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно полностью изымаемых рыб представлена на рисунке 46. Видно, что в последнее время пресс промысла на запас уменьшился.

Ретроспективная динамика возрастных коэффициентов селективности трески Петропавловско-Командорской подзоны представлена на рисунке 47.

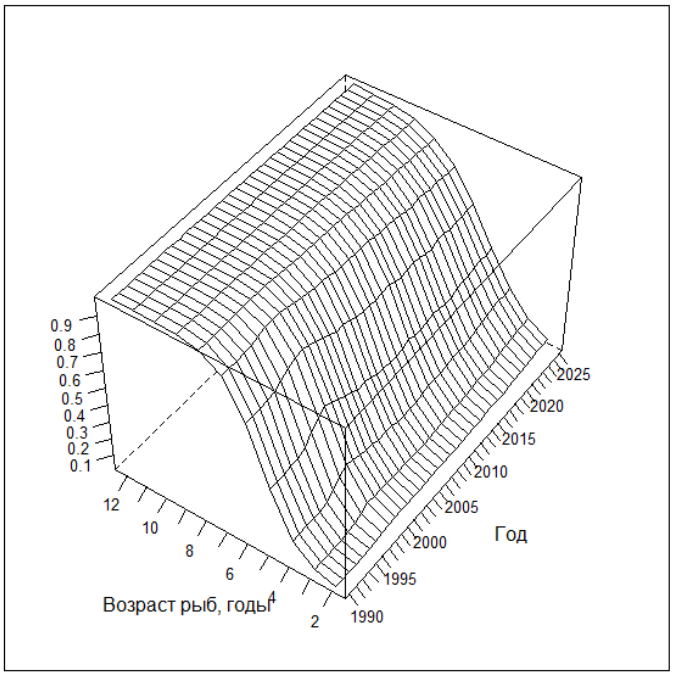


Рис. 47. Динамика возрастных коэффициентов селективности трески Петропавловско-Командорской подзоны

Межгодовая динамика модельных и наблюденных значений индекса промыслового запаса трески представлена на рисунке 48. В используемой модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюденных значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математического ожидания этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованного в модели индекса запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p<0,05$.

Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 49. Значение показателя Мона ρ для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило 1,8%. Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al., 2015] предложено считать нижним пороговым значением показателя Мона ρ для долгоживущих видов -15%, верхним — +20%. Треска относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому есть основания полагать, что значимая ретроспективная

смещенность модельных оценок нерестовой биомассы трески Петропавловско-Командорской подзоны отсутствует.

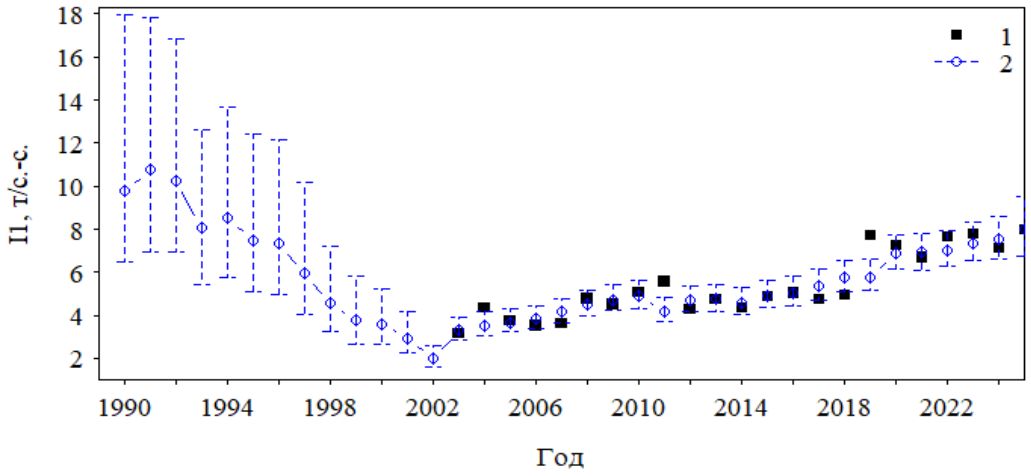


Рис. 48. Наблюденные значения стандартизованного улова на усилие (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2)

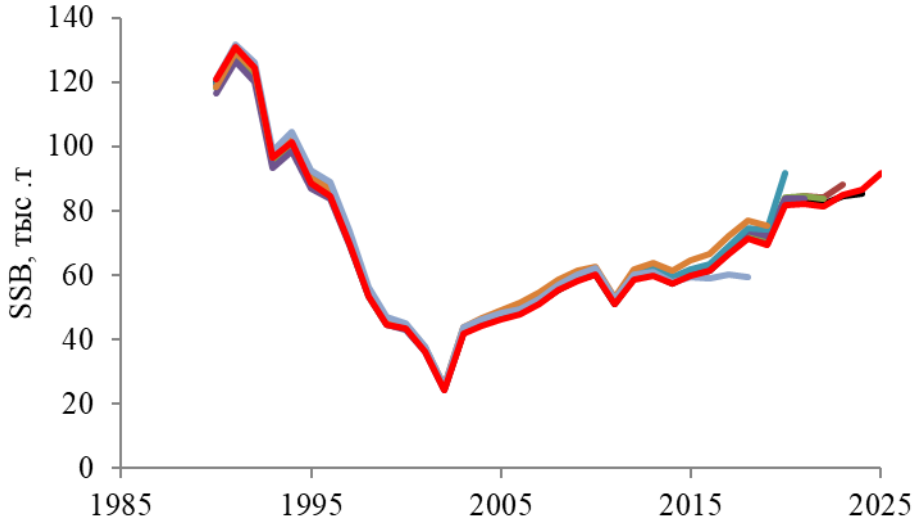


Рис. 49. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы

Состояние промысла. Юго-восточное побережье Камчатки, заливы Авачинский, Кроноцкий и Камчатский традиционно являются районами активного лова тихоокеанской трески. Начало ее промысла советскими предприятиями относится к 1926–1928 гг. Основные добывающие базы на восточном побережье Камчатки организовывались практически во всех заливах к северу от м. Лопатка. В основном лов трески вели с маломерных моторизованных единиц на удочки и яруса, и ее облов производился на незначительном удалении от баз обработки в пределах 10–15 миль.

До середины 1950-х гг. ярусно-удебный лов трески существовал в первозданном виде. Новый этап освоения запасов трески у берегов Камчатки начался в 1954–1955 гг. с изъятием трудоёмких в использовании ярусов и

внедрением в практику промысла снюрреводов. Однако ожидаемого резкого увеличения промысловых показателей не последовало. Осредненные по пятилетиям годовые уловы тихоокеанской трески в заливах Восточной Камчатки изменялись в 1955–1970 гг. от 2,0 до 6,0 тыс. т. Очевидно, что столь невысокий вылов был обусловлен низким уровнем запасов.

Расцвет трескового промысла пришелся на 1980–1990-е гг., когда за счет появления во второй половине 1970-х гг. нескольких урожайных поколений трески произошло резкое увеличение ее численности и промысловой биомассы практически во всех районах Северной Пацифики, что сразу же отразилось на величине годовых уловов. Так, по тихоокеанскому побережью Камчатки вылов возрос с 2,4 тыс. т (в 1979 г.) до 74,5 тыс. т (в 1986 г.), т.е. более чем в 30 раз, после чего резко пошел на спад.

В 1991–1995 гг. уловы трески у восточного побережья Камчатки по сравнению с предыдущим пятилетием сократились практически вдвое. К этому же периоду относится возобновление ее промысла ярусами, но уже на новом уровне организации этого вида промысла.

С 2016 по 2025 гг. общий вылов трески Петропавловско-Командорской подзоны изменялся от 11,6 тыс. т (2018 г.) до 17,6 тыс. т (2025 гг.). В 2025 г. освоение ОДУ равнялось 92,1% (табл. 7).

Таблица 7

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2016	15,1	13,0	86,1
2017	13,8	13,3	96,4
2018	13,2	11,6	87,9
2019	15,0	14,3	95,3
2020	15,4	13,4	87,0
2021	15,4	13,9	90,3
2022	13,4	12,1	90,3
2023	14,9	14,3	96,0
2024	14,7	14,2	96,6
2025	19,1	17,6	92,1
Среднее	15,0	13,8	92,0

Вылов донным ярусом за последние 10 лет варьировал от 3,7 (2016 г.) до 6,6 тыс. т (2025 г.) (рис. 50). Средняя доля вылова трески различными орудиями лова в 2020–2025 гг. показана на рисунке 51.

Наиболее результативный лов трески проходит в зимне-весенние месяцы (январь–апрель), когда доступными для промысла становятся преднерестовые и нерестовые скопления. После нереста основная масса трески рассредоточивается и мигрирует на мелководье на откорм, промысловые показатели при этом, как правило, резко снижаются. Интенсивность летнего промысла тихоокеанской трески существенно ниже зимнего (рис. 52).

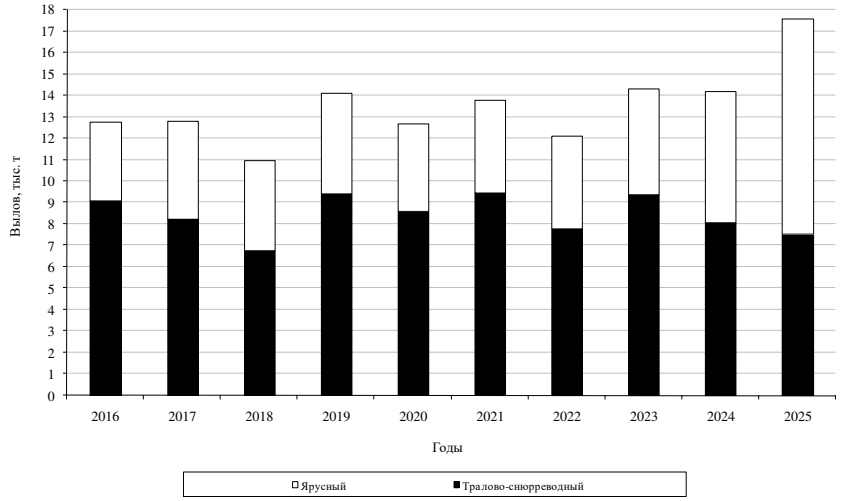


Рис. 50. Межгодовая динамика вылова трески в Петропавловско-Командорской подзоне на ярусном и тралово-снюрреводном промыслах

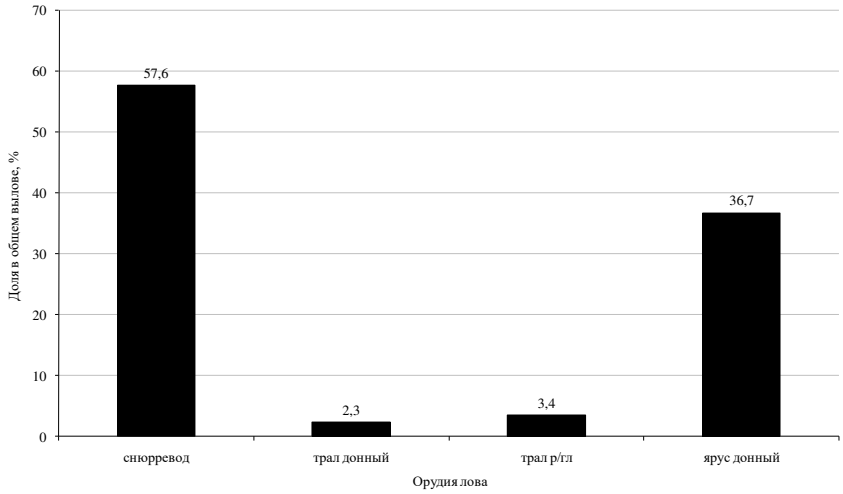


Рис. 51. Средняя доля различных орудий лова на промысле трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2020–2025 гг.

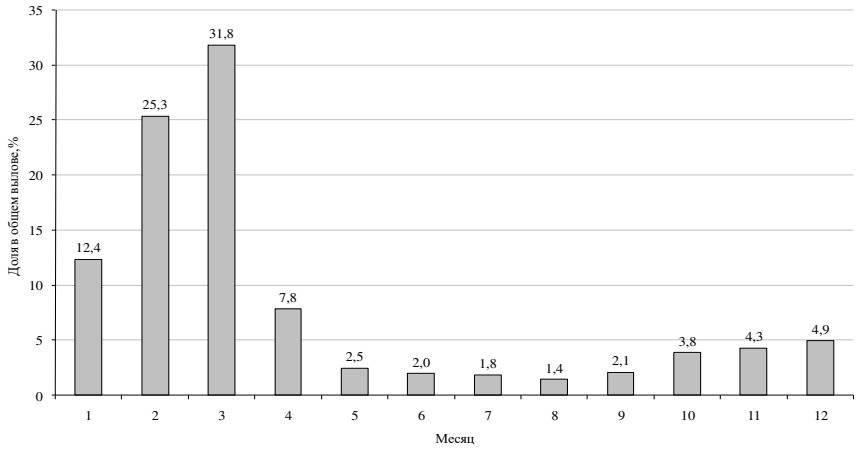


Рис. 52. Среднемноголетнее распределение вылова трески по месяцам в Петропавловско-Командорской подзоне за период с 2016 по 2025 гг., %

Стандартизированный улов на усилие в 2025 г. по сравнению с 2024 г. увеличился и по-прежнему остается на довольно высоком уровне (рис. 41).

В целом, с 2016 г. на тралово-снюрреводном промысле наступил период общего снижения количества судосуток на лову (рис. 53). Минимум был достигнут в 2022 г. — 1044 судосуток. В 2023 г. количество судосуток на лову на этом виде возросло и в 2024 г. достигло величины 1538 судосуток. В 2025 г. их количество составляло 1344. Максимальное количество судосуток на донном ярусном промысле в рассматриваемый период наблюдалось в 2025 г. (820), а минимальное — в 2020 г. (286).

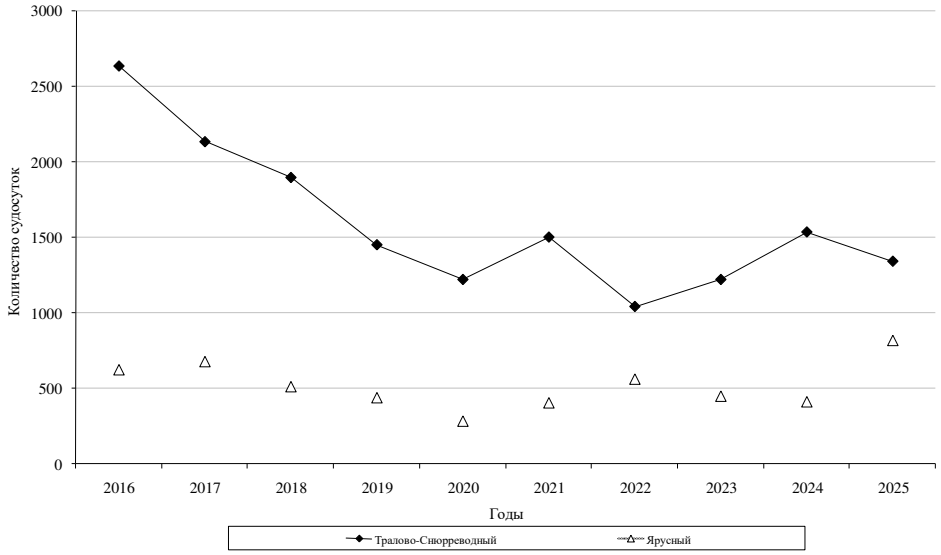


Рис. 53. Межгодовая динамика количества судосуток на тралово-снюрреводном и донном ярусном промыслах в Петропавловско-Командорской подзоне

Величина уловов на судосутки при тралово-снюрреводном промысле в 2016–2025 гг. имела общий тренд на увеличение, и в 2025 г. составила 8,2 т (рис. 54). С 2016 г. величина уловов на судосутки на донном ярусном промысле неуклонно увеличивалась и в 2020 г. достигла значения 14,0 т/судосутки. В 2021–2022 гг. произошло достаточно резкое снижение этой величины до 7,6 т. В 2023–2024 гг. улов на усилие увеличился до 10,2 т, а в следующем году снизился до 8,0 т.

Данные о размерном составе трески из тралово-снюрреводных уловов свидетельствуют о том, что в 2018 г. основу уловов составляли рыбы длиной 45–60 см (64,2%) (рис. 55). В 2019–2020 гг. превалировали более крупные рыбы длиной 50–75 см (68,0 и 74,0% соответственно), а в 2021 г. — особи двух модальных групп: 40–55 см (37,0%) и 70–80 см (30,8%). В 2022 г. репрезентативные данные на этом виде промысла отсутствуют. В 2023 г. в уловах преобладали рыбы длиной 70–80 см (47,5%), а в 2024 г. — 65–80 см (48,3%). В 2025 г. в уловах доминировали особи модальной группы 30–35 см (59,6%).

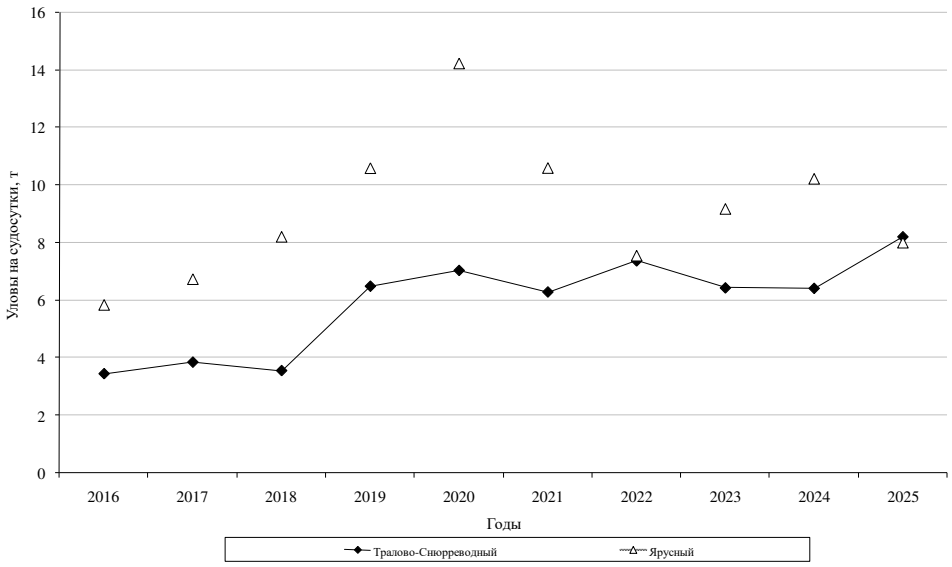


Рис. 54. Межгодовая динамика уловов на на тралово-снюрреводном и донном ярусном промыслах в Петропавловско-Командорской подзоне

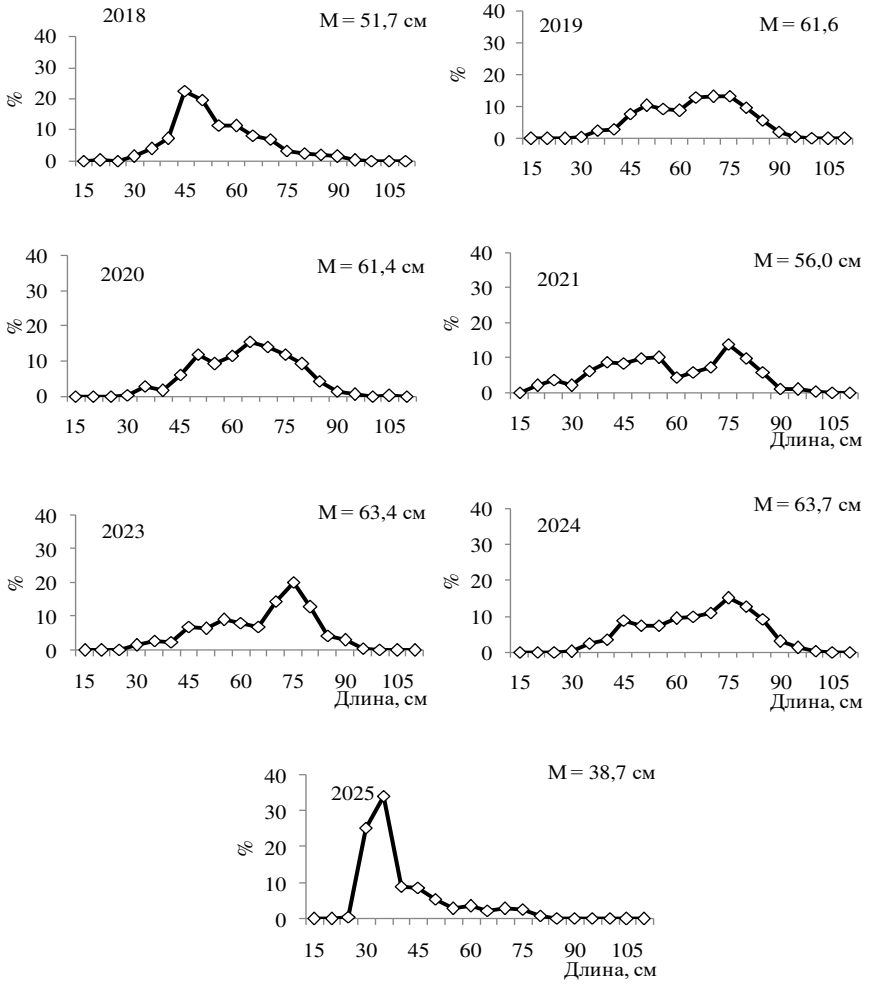


Рис. 55. Межгодовая динамика наблюденного размерного состава трески в тралово-снюрреводных уловах в Петропавловско-Командорской подзоне в 2018-2025 гг., % (*M* — средняя длина, см)

В 2018 г. превалировали рыбы в возрасте 3–6 лет (78,5%). В 2019–2020 гг. доминировали рыбы возраста 5–8 лет (66,2 и 71,6% соответственно) (рис. 56). В 2021 г. преобладающими возрастными группами были особи в возрасте 3–5 (39,2%) и 8 (14,7%) лет. В 2023 г. основу уловов составляла треска в возрасте 5–8 лет (65,8%). Относительная численность этих когорт изменялась от 13,3 до 21,3%. В 2024 г., как и в 2019–2020, 2023 гг., основными возрастными группами были 5–8 лет (60,8%). В отличие от предыдущих лет, в 2025 г. в уловах абсолютно доминировали рыбы в возрасте 2 (47,7%) и 3 (22,6%) лет. Это может косвенно свидетельствовать о повышенной урожайности генераций 2022–2023 гг. рождения.

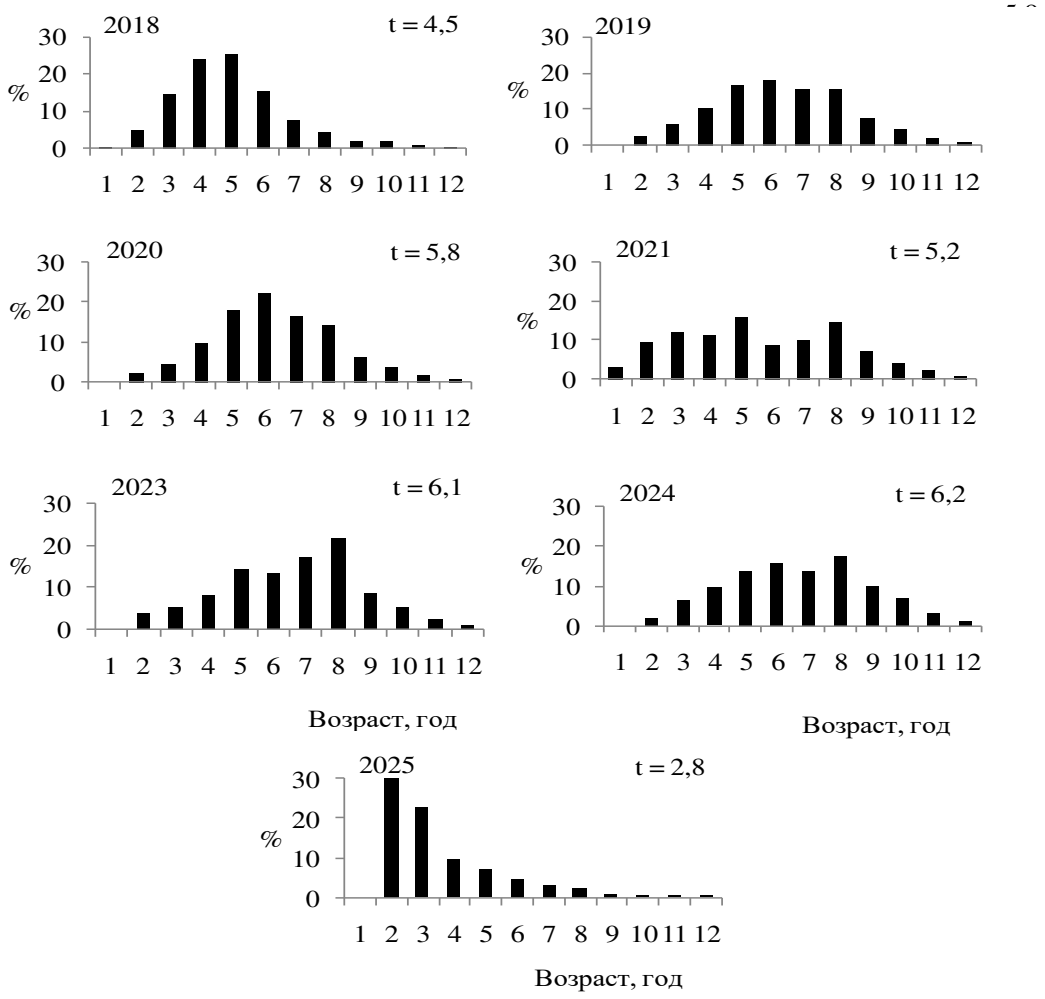


Рис. 56. Межгодовая динамика наблюденного возрастного состава трески в Петропавловско-Командорской подзоне в тралово-снюрреводных уловах в 2018-2025 гг., % (*t* — средний возраст)

В 2020 г. основу донных ярусных уловов составляли рыбы длиной 70–80 см (70,3%) и возрастом 6–8 лет (71,2%). В 2021 г. в уловах преобладали рыбы длиной 70–85 см (79,7%). Доминировали особи в возрасте 7–10 лет, а преобладающей возрастной группой были 8-летние рыбы (33,6%). В 2022 г. основу уловов составляли особи длиной 60–80 см (60,8%) возрастом 5–8 лет (67,2%). В 2023 г. в размерном составе выделялись две модальные группы —

50–65 (51,6%) и 75–80 (24,4%) см. В возрастном составе доминировали рыбы возрастом 5–8 лет (69,9%). В 2024 г. собрать данные о размерно-возрастном составе трески на донном ярусном промысле не представилось возможным. В терминальном году размерный и возрастной составы рыб были схожи с наблюдаемыми в 2022–2023 гг. В уловах преобладали особи длиной 55–70 см (62,9%) и возрастом 5–8 лет (76,4%) (рис. 57).

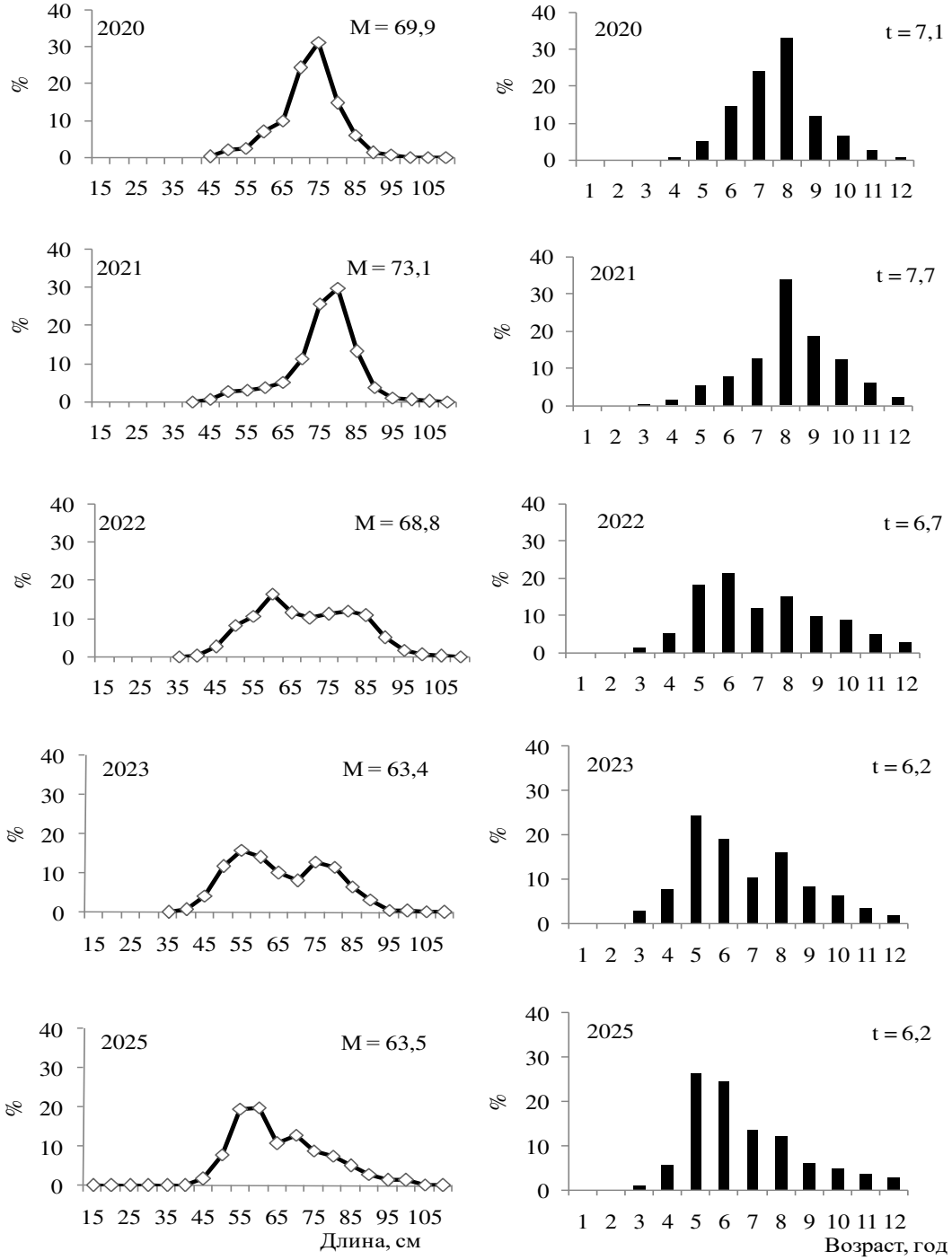


Рис. 57. Межгодовая динамика наблюденного размерного и возрастного состава трески в ярусных уловах в Петропавловско-Командорской подзоне в 2020-2025 гг., % (на рисунках указаны средние длина и возраст)

Итоговый размерный состав трески в 2025 г. рассчитали по данным на ярусном и тралово-снюрреводном промысле с учетом вылова в количественном выражении. Возрастной состав определяли по среднемноголетним размерно-возрастным ключам, сформированным по полугодиям.

Таким образом, в 2025 г. доминировали 5-годовики поколения 2020 г. (рис. 58). Значимыми в уловах были также 2-годовалые особи.

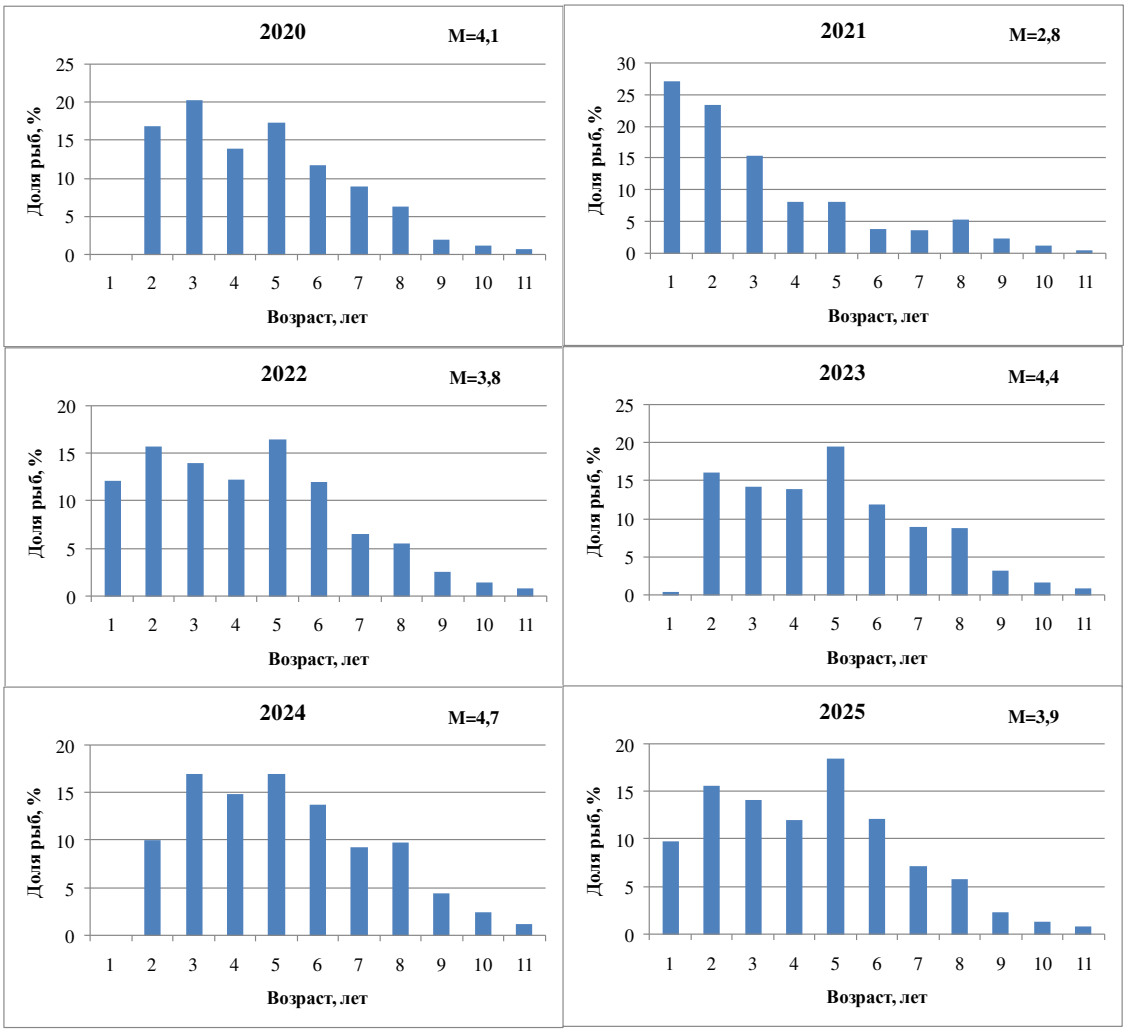


Рис. 58. Межгодовая динамика итогового (годового) возрастного состава трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2020-2025 гг., %

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла трески в Петропавловско-Командорской подзоне отметим следующее:

1. По модельным оценкам ресурсы трески в Петропавловско-Командорской подзоне увеличиваются и в настоящее время находятся на высоком уровне;

2. В 2025 г. освоение ОДУ составило 92,1%;

3. Стандартизированный улов на усилие в 2025 г. по сравнению с 2024 г. увеличился и по-прежнему был на высоком уровне;

4. После 2008 г. на свет появлялись только средние или урожайные поколения, причем в 2018–2023 гг. все генерации были высокочисленными.

Это дает основания предполагать рост запасов данной группировки в ближайшие годы.

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г. ориентиры управления для трески Петропавловско-Командорской подзоны были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились. Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 8.

Таблица 8

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

Ориентир	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
F_{lim}(Caddy), 1/год	0,506	0,525	0,615	0,667	0,730	0,828	0,863	0,673	0,090
F_{msy}(Рикер), 1/год	0,308	0,327	0,378	0,415	0,459	0,539	0,571	0,422	0,067
$F_{45\%}$, 1/год	0,312	0,319	0,352	0,376	0,406	0,464	0,488	0,382	0,045
$F_{40\%}$, 1/год	0,371	0,379	0,421	0,450	0,489	0,560	0,590	0,458	0,056
$F_{35\%}$, 1/год	0,443	0,453	0,506	0,543	0,592	0,682	0,720	0,553	0,071
$F_{0.1}$, 1/год	0,307	0,315	0,361	**0,394**	0,442	0,538	0,582	0,408	0,071
F_{med}, 1/год	0,163	0,189	0,254	**0,297**	0,347	0,404	0,425	0,298	0,067
$F_{lim}(B_{25\%}B_{vir})$, 1/год	0,657	0,674	0,764	0,825	0,909	1,061	1,125	0,843	0,119
B_{loss}, тыс. т	16,6	17,6	21,8	**25,2**	29,7	39,1	41,4	26,3	6,5
$B_{25\%}B_{vir}$, тыс. т	25,4	26,1	28,7	30,8	33,0	37,1	39,1	31,1	3,4
B_{msy}, тыс. т	37,7	39,2	44,1	48,0	52,4	59,7	63,2	48,6	6,6
$SSB(F_{med})$, тыс. т	40,7	43,8	53,9	**62,6**	74,1	95,8	103,8	65,4	16,6

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте)

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности приняли ориентир F_{MED} = 0,297 год$^{-1}$ (медианная оценка), а граничный ориентир по промысловой смертности F_{lim} выбрали на уровне $F_{0,1}$: $F_{lim} = F_{0,1}$ = 0,394 год$^{-1}$ (медианная оценка). Величину F_0 приняли равной нулю.

Исходя из динамики биомассы нерестового запаса и общего вылова трески Петропавловско-Командорской подзоны, в качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе приняли наименьшее значение модельных оценок нерестовой биомассы за исследуемый период времени $B_{lim} = B_{loss}$ = 25,2 тыс. т (медианная оценка). В начале 2002 г. запас снижался до этого уровня (рис. 45), после чего смог благополучно восстановиться.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее значению F_{MED} на кривой равновесной биомассы на единицу пополнения (рис. 59) при среднемноголетней величине пополнения: $B_{tr} = SSB(F_{MED})$ = 62,6 тыс. т (медианная оценка).

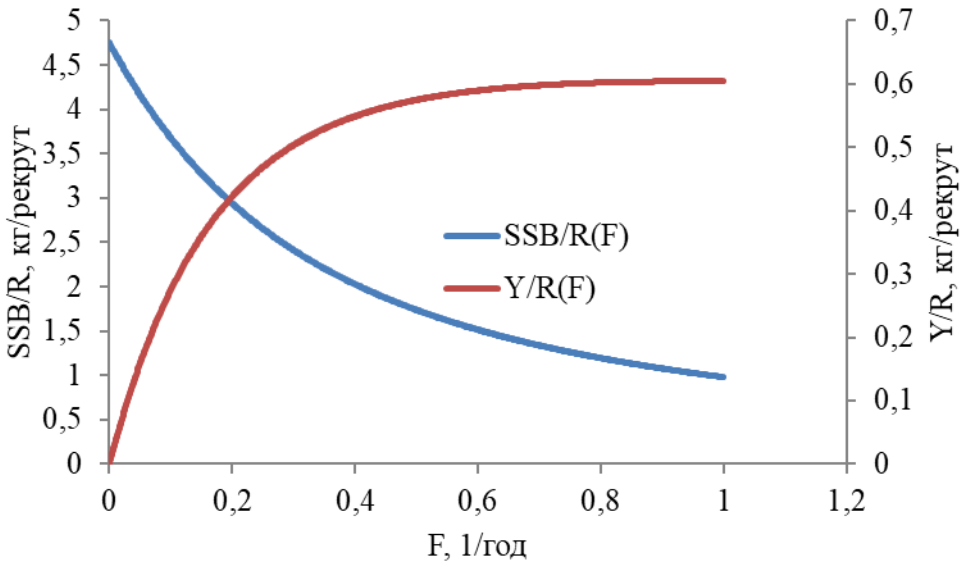


Рис. 59. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП тихоокеанской трески, цель которого поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью. Схема ПРП представлена на рисунке 60.

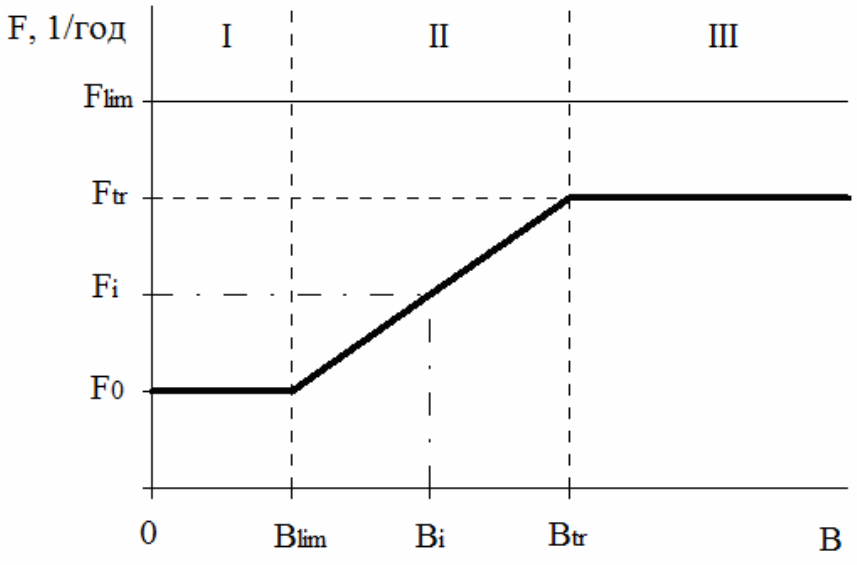


Рис. 60. Схема ПРП трески Петропавловско-Командорской подзоны

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{reci} = F_0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Массу особей и коэффициенты селективности по возрастным группам в прогнозный период приняли равными средним значениям за последние 10 лет. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует ОДУ, равному 17,1 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность двухлетних рыб. По нашим прогнозам, в 2026–2027 гг. она составит около 28,0 млн экз.

С помощью уравнений когортной модели оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 9). При сделанных выше предположениях о величине пополнения, в 2027 г. ресурсы трески в Петропавловско-Командорской подзоне по сравнению с 2025 г. незначительно возрастут.

Оценка биомассы общего запаса на начало 2027 г. составит 162,1 тыс. т, промыслового — 83,1 тыс. т, нерестового — 96,2 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

На начало 2027 г. величина биомассы нерестового запаса составит 96,2 тыс. т, что соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 60). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно 0,297 год$^{-1}$.

Величину ОДУ на 1-й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$$ [Бабаян, 2000], где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в 1-й прогнозный год.

Согласно ПРП, общий допустимый улов трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2027 г. может составить 18,8 тыс. т.

Таблица 9

Оценка состояния запаса в 2025 г., прогноз состояния запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2026–2027 гг.

Показатель	Возраст, лет											Всего
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2025												
Численность на начало года, млн экз.	47,20	29,75	18,53	12,48	6,81	3,73	2,12	1,20	0,68	0,39	0,20	123,09
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,015	0,032	0,061	0,103	0,150	0,188	0,212	0,225	0,231	0,234	0,236	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,682	0,671	0,652	0,625	0,596	0,574	0,560	0,553	0,549	0,548	0,548	
Средняя масса рыб, кг	0,419	0,812	1,499	2,279	3,243	4,342	5,741	6,723	8,338	10,525	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	19,79	24,16	27,77	28,43	22,10	16,21	12,17	8,04	5,69	4,08	2,80	171,24
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	2,42	8,33	14,21	17,68	16,21	12,17	8,04	5,69	4,08	2,80	91,63
2026												
Численность на начало года, млн экз.	27,98	32,18	19,96	12,07	7,79	4,06	2,14	1,19	0,66	0,37	0,21	108,61
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,014	0,031	0,063	0,114	0,172	0,218	0,246	0,260	0,267	0,269	0,271	
Годовой коэффициент выживания	0,683	0,671	0,650	0,618	0,583	0,557	0,541	0,534	0,530	0,529	0,529	
Средняя масса рыб, кг	0,398	0,797	1,478	2,169	3,089	4,322	5,694	7,131	8,442	10,598	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	11,12	25,65	29,50	26,18	24,07	17,55	12,20	8,46	5,58	3,97	2,97	167,25
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	2,57	8,85	13,09	19,26	17,55	12,20	8,46	5,58	3,97	2,97	94,50
2027												
Численность на начало года, млн экз.	27,98	19,11	21,61	12,97	7,46	4,55	2,26	1,16	0,63	0,35	0,20	98,28
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,015	0,034	0,069	0,124	0,188	0,239	0,269	0,285	0,292	0,295	0,296	
Средняя масса рыб, кг	0,398	0,797	1,478	2,169	3,089	4,322	5,694	7,131	8,442	10,598	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	11,12	15,23	31,93	28,14	23,05	19,64	12,87	8,27	5,35	3,72	2,77	162,09
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,52	9,58	14,07	18,44	19,64	12,87	8,27	5,35	3,72	2,77	96,23
ОДУ, тыс. т	0,14	0,42	1,79	2,76	3,32	3,51	2,56	1,73	1,14	0,80	0,60	18,77

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 10 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса трески в Петропавловско-Командорской подзоне не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 61). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α = 0,1–0,2 [Бабаян, 2000].

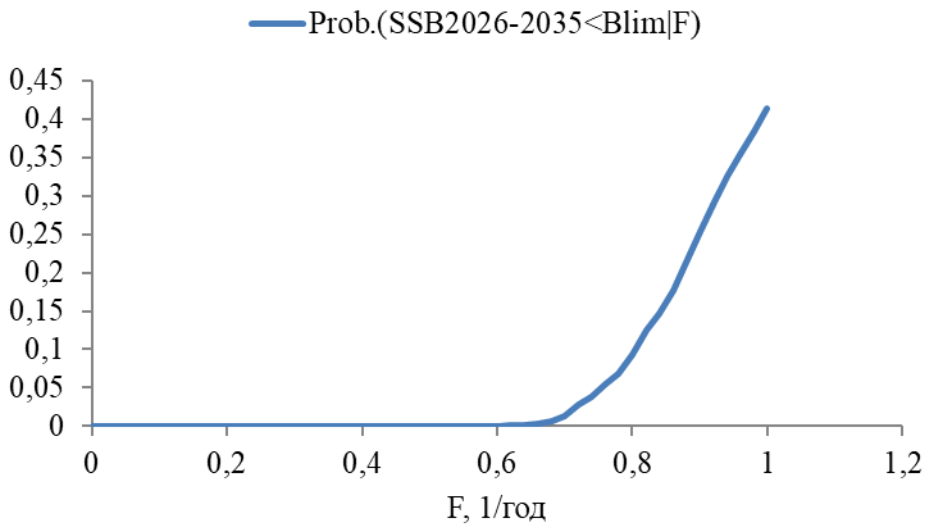


Рис. 61. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 62, при соблюдении зонального ПРП запас трески с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет находиться на уровне целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028} < B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027} > F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня α = 0,1–0,2 [Бабаян, 2000], то нет причин для отказа от принятой стратегии. Проведенный риск-анализ показал, что при рекомендуемой в 2027 г. величине ОДУ, равной 18,8 тыс. т,

риск перелова по пополнению не превышает уровня α=0,2 (рис. 63), а риск перелова по росту превышает рекомендованный уровень α=0,2. Риск перелова по росту равен 0,2 при величине возможного вылова в 18,3 тыс. т. Эту величину мы и рекомендуем в качестве величины ОДУ.

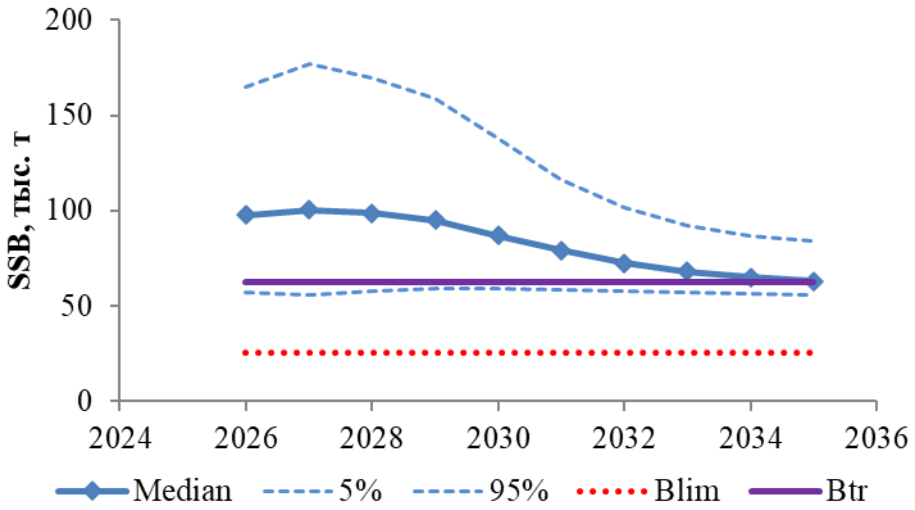


Рис. 62. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2026–2035 гг. при рекомендованной согласно ПРП интенсивности изъятия

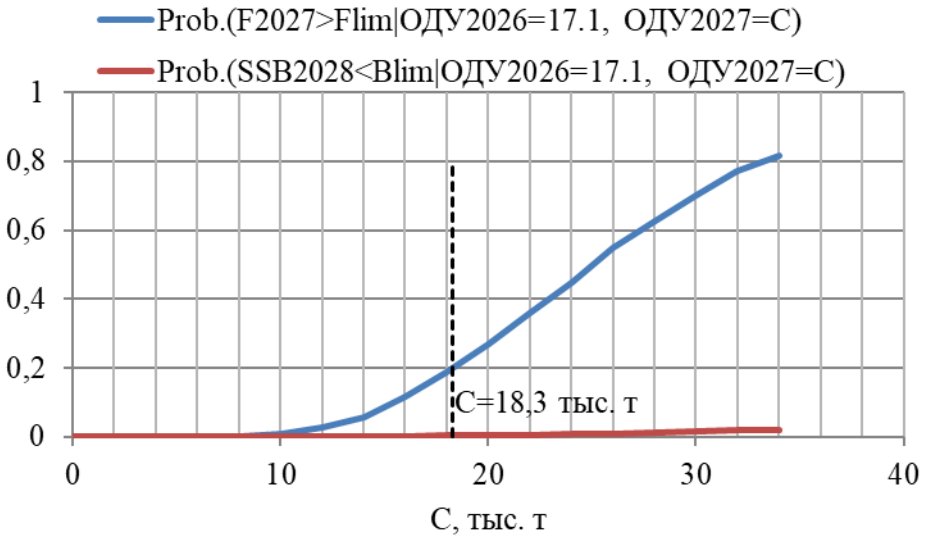


Рис. 63. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2027–2028 гг.

Окончательный вид ПРП трески Петропавловско-Командорской подзоны с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2015 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 64.

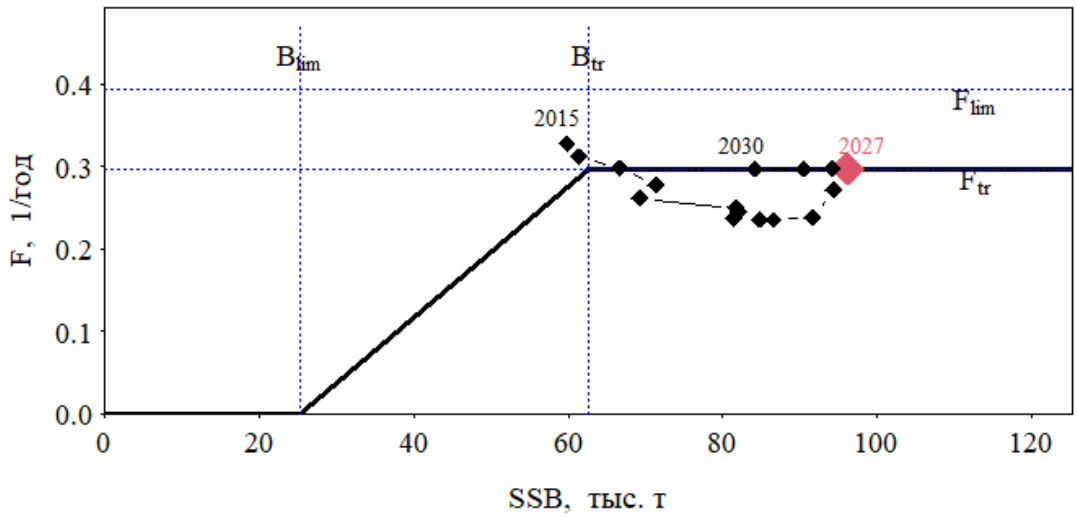


Рис. 64. Реализация правила регулирования промысла трески

В обосновании ОДУ трески Петропавловско-Командорской подзоны на 2026 г., которое было подготовлено в 2024 г., предполагалось, что в 2025 г. ресурсы этой популяции по сравнению с 2024 г. увеличатся, а в 2026 г. незначительно снизятся. Соответственно, в 2026 г. ОДУ этого вида в подзоне ниже, чем в 2025 г. (17,1 и 19,1 тыс. т соответственно). С учетом новых данных, полученных в 2025 г., прогноз, подготовленный в 2024 г., не оправдался. В 2026 г. ресурсы трески Петропавловско-Командорской подзоны по сравнению с 2025 г. возросли. Увеличение запасов продолжится и в 2027 г. Как следствие, ОДУ в 2027 г. выше, чем в 2026 г.

Таким образом, **ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2027 г.** составит **18,300 тыс. т**.

61.03 - Зона Северо-Курильская

Исполнители: Ким Сен Ток, И.Н. Мухаметов («СахНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Исходными материалами для настоящего прогноза послужили биостатистические данные из уловов снюрреводами, тралами и донными ярусами в период научно-исследовательских и промысловых рейсов на шельфе и материковом склоне северных Курильских островов и при работе на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях г. Северо-Курильска в 1975–2025 гг. собранные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО», «СахНИРО», «КамчатНИРО». В период 2003–2025 гг. всего было выполнено 16 траловых учетных съемок на НИС, в том числе в 2011, 2013, 2015, 2019, 2021 гг. В 2020 г. съемка в районе не выполнялась, сбор биологического материала из снюрреводных и ярусных уловов осуществлен совместными усилиями

сотрудников «СахНИРО» на рыбокомбинате ОАО «Северо-Курильская база сейнерного флота» и «КамчатНИРО» на борту ЯМС «Бланкет». В 2021 г. учетная съемка была выполнена на НИС «Дмитрий Песков» с тихоокеанской стороны островов. В 2022–2025 гг. исследования на НИС у северных Курильских островов не проводились.

Данные снюрреводного промысла была получены в ходе сборов на рыбокомбинате ОАО «Северо-Курильская база сейнерного флота» в г. Северо-Курильске (677 экз. на массовый промер в 2022 г., 1420 экз. в 2023 г., 5007 экз. в 2024 г., 2777 экз. в 2025 г.). В прогнозе использованы материалы «КамчатНИРО», собранные на ярусном промысле трески на борту ЯМС «Томкод» летом 2021 г. (2034 экз. на промер и 150 экз. на биологический анализ) и на СЯМ «Групер» зимой 2022 г. (2028 экз. на промер). Информация по вылову и динамике уловов на усилия в 2003–2025 гг. в Северо-Курильской зоне приводится по данным судовых суточных донесений (ССД), представленной в Отраслевой системе мониторинга (ОСМ) Росрыболовства.

В целом, согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 прогноз ОДУ соответствует I уровню информационного обеспечения.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Первый (I) уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ трески в Северо-Курильской зоне с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

Имеющиеся многолетние данные по размерно-возрастному составу, годовому вылову, скорости полового созревания, естественной смертности, результатам учетных съемок позволяют производить оценку запасов трески с помощью когортных моделей, и проводить сопоставление с данными прямых учетов.

Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры управления промыслом для формирования правила его регулирования (ПРП) на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000].

Оценка биомассы по данным съемок выполнена площадным методом с использованием программы «Surfer 11» [Тарасюк и др., 2000]. Для определения плотности рыб применен трехмерный сплайн. Ввиду того, что схемы выполнения съемок в разные годы отличались, оценка производилась в пределах полигона с диапазоном глубин 0–500 м [Буяновский, 2013]. Учетные работы выполнены донными тралами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 20–23 м. Коэффициент уловистости для трески принят равным 0,4 [Борец, 1997].

Так как траловые съемки проводились в разные сезоны, для сопоставимости оценок промысловой биомассы с оценками по ВПА данные расчетов по съемкам были приведены к началу года исследований с учетом данных промысла и естественной убыли.

Оценки биомассы трески по материалам донных траловых съемок за более ранний период (1990–2000 гг.), приведены согласно расчетам, выполненным на основе архивных данных «КамчатНИРО» [Золотов, Дубинина, 2013]. Возраст рыб определен по отолитам. Возрастной состав за ранние годы исследований (1990–2000 гг.) рассчитан с помощью размерно-возрастных ключей, полученных по результатам исследований 2003–2013 гг. В последние годы используются размерно-возрастные ключи по данным за период 2014–2018 гг.

Исходя из доступного программного обеспечения, расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса тихоокеанской трески, по данным промысловой статистики и размерно-возрастного состава ярусных и траловых уловов выполнены методом когортного анализа «Синтез» [Ильин и др., 2014].

Модель «Синтез» успешно используется с 2013 г. Она относится к числу статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные черты сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al., 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. [Quinn and Deriso, 1999]. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в «КамчатНИРО».

Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., модель «Синтез» была включена в перечень моделей для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ, наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ИКЕС и других научных рыбохозяйственных организаций [Ильин и др., 2014]. С 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов отечественного рыболовства, к которым относится треска [Методические рекомендации…, 2018].

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие собственного программного обеспечения, а также тот факт, что в 2016 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

В качестве входной информации для модели использованы:

– матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 2 до 12 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2025 г.);

– среднемноголетние значения массы (рис. 65), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);

– мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

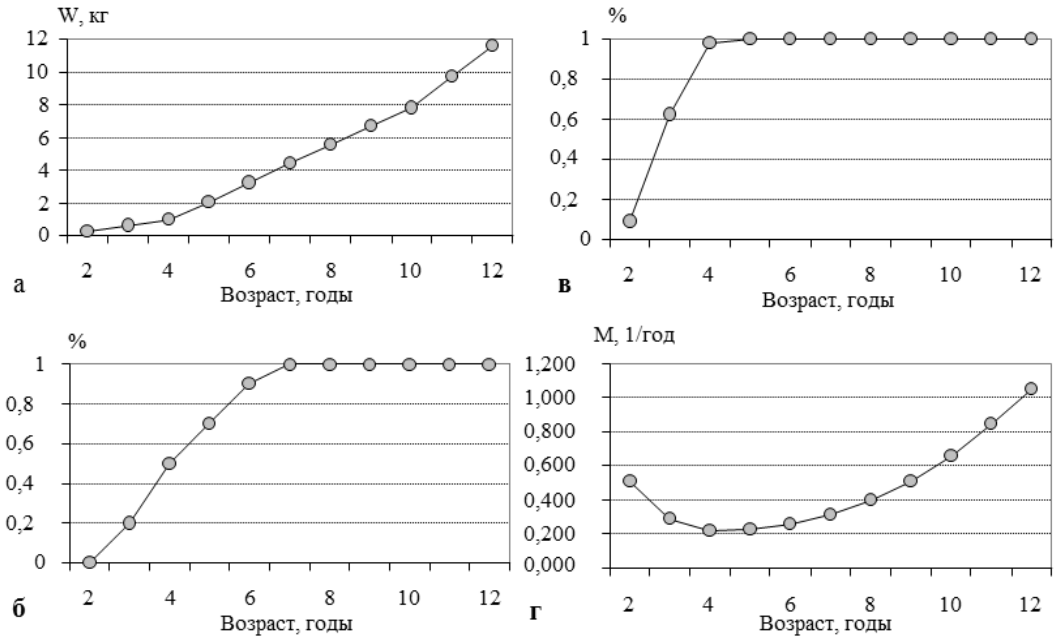


Рис. 65. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы трески Северных Курил по модели. а – масса рыб по возрастным группам, б – доля половозрелых рыб, в – доля рыб, достигших промыслового размера (более 40 см по АС), г – мгновенные коэффициенты естественной смертности

В качестве настроечных индексов для модели использовали стандартизированные по методу GLM (обобщенные линейные модели) уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа БМРТ, МДС, ММДС, ММРТР, РС, РТМ, РТМС, СДС, СРТ, СРТМ, СТР, СЯМ, ТР, ТСМ в 2003–2025 гг., вооруженных разноглубинными, донными тралами, донными ярусами, снюрреводами (рис. 66), а также данные учетных траловых съемок о биомассе промыслового запаса (1976–2021 гг.).

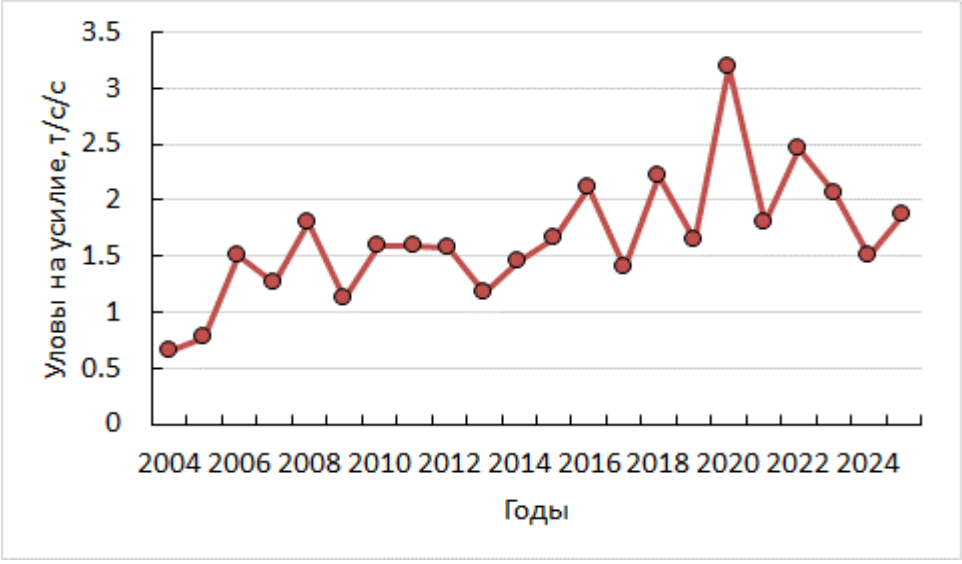


Рис. 66. Кривая стандартизированного улова на усилие (судосутки) трески северных Курильских островов, полученная методом обобщенных линейных функций (GLM)

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Методы прямого учета. Начиная с середины 1990-х гг. численность и биомасса трески тихоокеанского шельфа Северных Курил находилась на низком уровне. Эта ситуация продолжала сохраняться и в 2000–2006 гг., о чем косвенно свидетельствуют данные о размерно-возрастном составе ее уловов по материалам донных траловых съемок в 2003 и 2006 гг. В эти годы основу уловов составляли особи длиной 35–60 см, а основной вклад обеспечивали 2–3-годовики.

Оценка величины промыслового запаса трески, выполненная по результатам траловых учетных съемок 2003 и 2006 гг., составила 36,2 и 12,3 тыс. т соответственно. Отметим, что в 2006 г. исследования были выполнены в нагульный период, когда основные скопления трески в северокурильских водах были приурочены к сваловым участкам вод юго-восточного побережья о-ва Парамушир, недоступным для донных тралов. Таким образом, предполагается, что по материалам за 2006 г. были получены заниженные оценки запаса.

В 2007–2010 гг. специалистами «КамчатНИРО» в период с января по март выполнен ряд снюрреводных съемок, который позволил оконтурить скопления тихоокеанской трески и оценить ее промысловый запас.

Основные черты распределения особей в преднерестовый период в 2007–2008 гг. были сходными. В эти годы выделялся участок повышенных концентраций трески, расположенный у восточного побережья о-ва Парамушир в координатах 50°10'–50°30' с.ш. 156°05'–156°30' в.д. Максимальная плотность в этом районе достигала 9 т/км^2, а в среднем по участку исследований составляла 573 шт. или 1687 кг на км^2.

Северо-восточнее и юго-западнее от этого района плотность биомассы трески постепенно снижалась до 0,9–1,8 т/км^2. Облов производили преимущественно на изобатах 50–150 м, где располагались основные концентрации половозрелой трески.

В 2009–2010 гг. отчетливо проявилась тенденция роста уловов трески по мере увеличения глубины заметов в направлении от о-вов Парамушир и Шумшу на восток к южному побережью Камчатки. В обоих случаях участок наибольших концентраций трески, где плотность ее уловов превышала 4 т/км^2, начинался от глубин 200 м восточнее долготы 157°30′ в.д.

С учетом размерно-возрастного состава уловов, численность и биомасса промыслового запаса трески, оцененная по результатам зимне-весенних снюрреводных съемок «КамчатНИРО» в 2007–2010 гг. на тихоокеанском шельфе Северных Курил варьировали от 18,5 до 43,3 млн экз. и от 54,7 до 64,5 тыс. т, соответственно.

Оценка биомассы тихоокеанской трески Северных Курил, полученная в ходе донной траловой съемки на НИС «Профессор Леванидов» в марте–апреле 2009 г., свидетельствовала о том, что ее ресурсы находились в удовлетворительном состоянии. По результатам этих исследований, численность и биомасса промыслового запаса была оценена в 22,7 млн экз., или 69,9 тыс. т, что вполне сопоставимо с результатами снюрреводных съемок.

Траловая съемка, выполненная на НИС «Профессор Пробатов» в марте 2011 г., подтвердила наличие локальных скоплений трески в районе о-вов Парамушир, Шумшу и Онекотан. Значительное нерестовое скопление трески было отмечено у юго-восточной части о-ва Онекотан, на широте 49°20′ с.ш. на глубине 130 м. Оценка биомассы трески по данным этих исследований составила около 55,4 тыс. т.

Две донные траловые съемки, выполненные в районе весной 2013 и 2015 гг. отличались по полученным результатам от работ 2007–2011 гг.

Учетные работы в феврале–марте 2013 г. были осложнены погодными условиями (13 рабочих судосуток из общих 45), что сказалось на полученных результатах и не позволило учесть запас тихоокеанской трески в полной мере. Тихоокеанская треска была отмечена по всему обследованному району на глубинах от 48 до 349 м. Наибольший средний улов трески, в пересчете на час траления (113,44 кг), был отмечен в интервале глубин 151–200 м.

Тем не менее, даже с учетом методических особенностей выполнения траловой съемки в марте 2013 г., оценки промысловой биомассы оказались самыми низкими за последние несколько лет. С учетом промысла и естественной смертности, скорректированная на начало года величина промысловой биомассы трески Северных Курил составила всего 18,2 тыс. т.

Сопоставимые результаты были получены в ходе исследований в марте–апреле 2015 г. Наибольшие концентрации тихоокеанской трески были отмечены в традиционных для данного периода года районах: на юго-восточном участке шельфа о-ва Парамушир и напротив Второго Курильского пролива. Длина трески варьировалась от 20 до 100 см при среднем значении 48,8 см. Как и в 2013 г., самой массовой группой в уловах были рыбы 2011 г. рождения, на долю которых приходилось около 28% от общей численности. Но довольно высок был и вклад 2–3-годовиков (суммарно – порядка 35%). В целом же на долю рыб непромыслового размера приходилось около 23%.

Оценки промысловой биомассы тихоокеанской трески оказались лишь незначительно выше, чем в 2013 г. С учетом промысла и естественной смертности, скорректированная на начало года величина промысловой биомассы трески Северных Курил в 2015 г. составила порядка 19,7 тыс. т.

В 2016–2018 гг. учетные съемки в районе не проводились.

В марте 2019 и мае 2021 гг. очередные траловые съемки показали, что при традиционном распределении рыб в районе, в океанских водах о-вов Парамушир и Онекотан отмечались особи длиной от 13 до 99 см, в среднем 36,4–38,5 см. Основу размерного ряда в 2019 г. составляли рыбы 27–33 см в возрасте 2 года 2017 г. рождения, а в 2021 г. – 30–38 см в возрасте 2+, т.е. рыбы 2018 г. рождения. Следует отметить, что на промысле в снюрреводных уловах 2021 и 2022 гг. доминировали также особи 30-40 см. Скорректированная оценка промысловой биомассы учтенного запаса по этим исследованиям на начало года в 2019 г. составила 27,6 тыс. т на площади 3,7 миль^2, а в 2021 г. в два раза меньше – 12,9 тыс. т на 4,5 миль^2 (рис. 67). Столь существенная разница в биомассе рыб по двум съемкам, выполненным на одном судне, с одинаковыми параметрами орудия лова, единой методикой расчета может объясняться

снижением запасов вида. Вместе с тем, сравнительный анализ 4 последних оценок прямого учета 2013, 2015, 2019 и 2021 гг. указывает на возможность существенного занижения запасов трески в 2021 г. В этом году исследования были выполнены в мае, когда рыбы в постнерестовый период резко снижают свои придонные концентрации и приступают к интенсивному нагулу. Этим может объясняться уменьшение максимальных плотностей скоплений рыб в 2021 г., по сравнению с мартом 2019 г. (до 20 т/миль^2) и практически отсутствие высоких концентраций трески более 10 т/миль^2 в этом году (рис. 67).

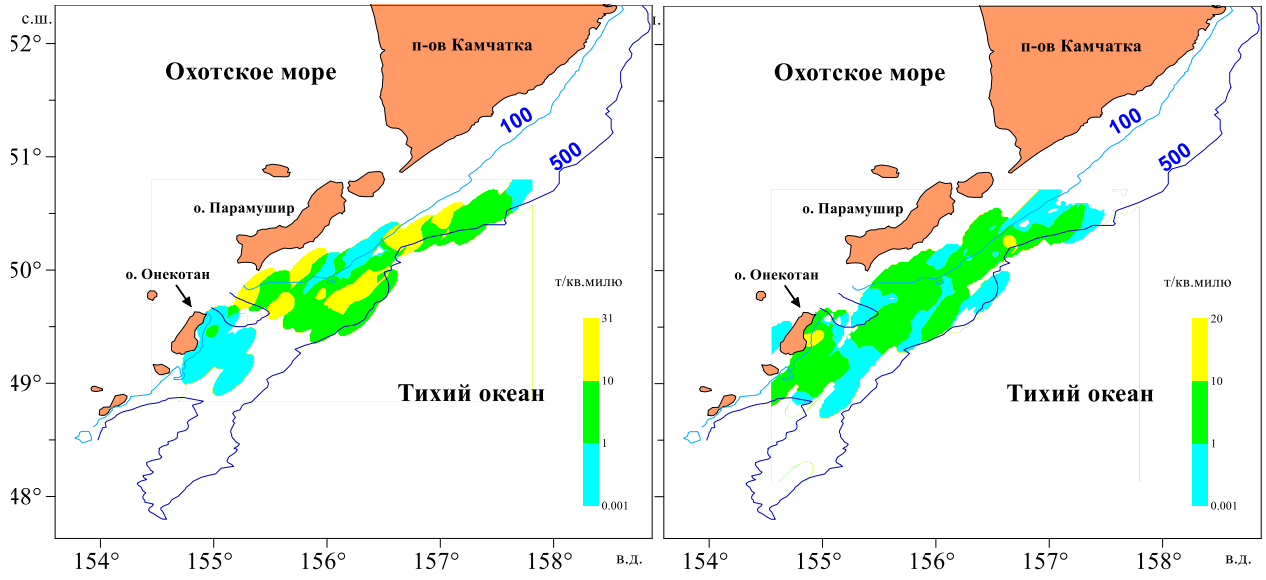


Рис. 67. Пространственное распределение трески у северных Курильских островов в марте 2019 г. (слева) и в мае 2021 г. (справа)

В 2020, 2022–2025 гг. учетные съемки в районе не проводились.

В целом, можно отметить, что, по данным прямых учетных наблюдений в 2000-х гг., отмечалось увеличение промысловой биомассы трески Северных Курил с уровня 20–30 тыс. т в 2001–2005 гг. до уровня 50–60 тыс. т в 2007–2011 гг., в последние годы исследований (2013–2021 гг.) произошло заметное снижение запасов трески (табл. 10). Эти данные согласуются с результатами модельных расчетов, что будет показано далее.

Таблица 10

Величина промысловой биомассы трески по данным траловых учетных съемок у Северных Курильских островов в 2000–2021 гг., тыс. т

2000	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2015	2019	2021
23,5	36,2	12,3	65,4	54,7	57,1	64,5	55,4	18,2	19,7	27,6	12,9

Метод когортного анализа. Промысел трески осуществляется преимущественно снюрреводами и донными ярусами, поэтому при подготовке, обобщенной матрицы уловов по возрастам учитывался годовой вылов по

каждому из этих орудий лова. В 2024 г. размерно-возрастной состав уловов был сформирован по данным снюрреводного промысла.

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB), общей (TSB) и промысловой биомассы, а также пополнения тихоокеанской трески Северных Курил, по данным модельных расчетов, представлена на рисунках 68-70. После периода высокого уровня запасов в 1980-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, нерестовая биомасса популяции постепенно снижалась и к началу 1990-х гг. достигла исторического минимума, продолжавшегося примерно одно десятилетие. В начале 2000-х гг. отмечен рост запасов с последующим снижением. В 2021–2025 гг. изменение промысловой биомассы трески колебалось в пределах 36–47 тыс. т.

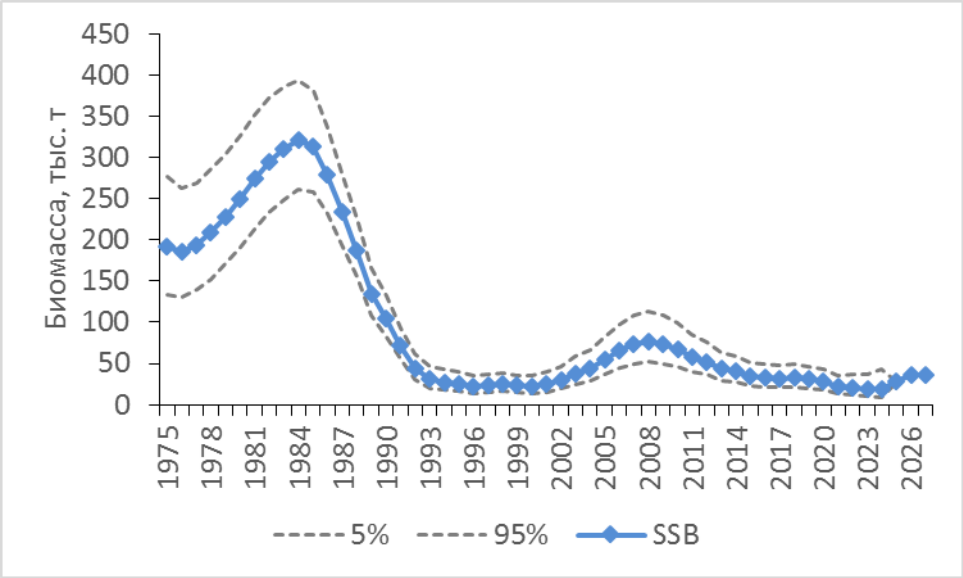


Рис. 68. Динамика нерестовой биомассы SSB трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

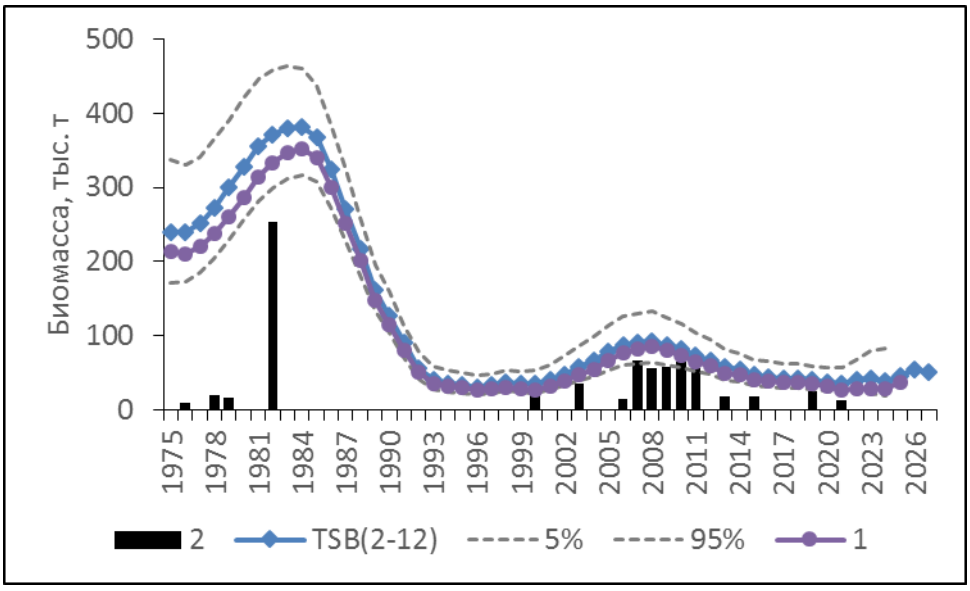


Рис. 69. Модельная динамика промысловой биомассы (1) в сопоставлении с данными съемок (2), а также многолетняя динамика общей биомассы (2–12 лет) трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

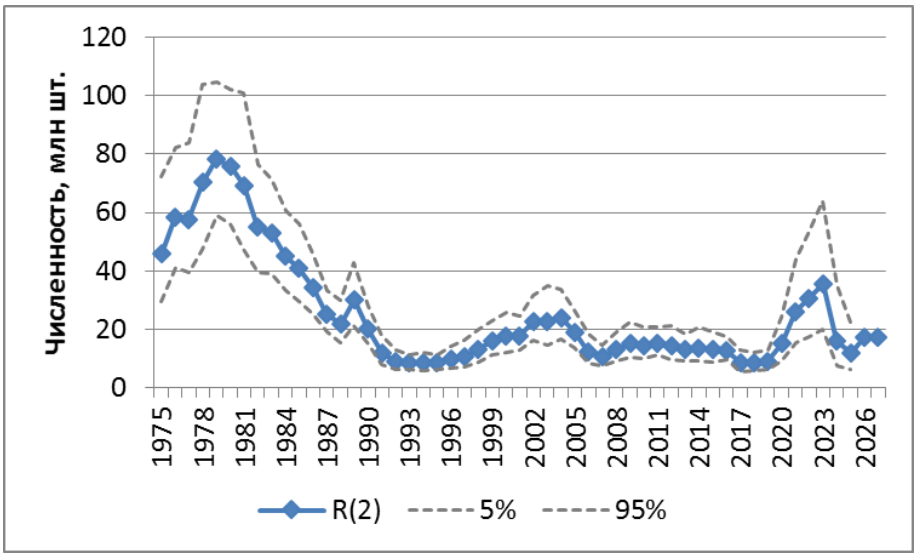


Рис. 70. Модельная динамика пополнения трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

Модельные оценки нерестовой и общей биомассы тихоокеанской трески Северных Курил на начало 2026 г. составили 36,8 и 53,8 тыс. т соответственно. Эти величины используются при дальнейшем прогнозе состояния запаса и оценки ОДУ на 2027 г. Для этого определяются коэффициенты промысловой смертности по возрастам на 2026 г. исходя из предполагаемого на этот год общего вылова (равен величине ОДУ). Впоследствии на основе параметров, представленных на рисунке 65, определяются оценки общей и нерестовой биомассы на прогнозный год. Расчет и обоснование ОДУ на базе этих величин представляются ниже в следующих разделах.

Состояние промысла. Началом масштабного отечественного освоения ресурсов тихоокеанской трески Северных Курильских островов считается середина 1980-х гг. Широкое развитие снюрреводного способа ее добычи, а главное, значительный рост запасов в Северной Пацифике, в том числе у Северных Курил, привели к тому, что годовые уловы быстро достигли своего максимума. В 1987 и 1988 гг. здесь было добыто 50,4 и 51,2 тыс. т соответственно, после чего промысловые показатели резко пошли на убыль.

С середины 1990-х гг. в дальневосточных морях возобновился промысел тихоокеанской трески донными ярусами, однако основным орудием лова остаются снюрреводы. В среднем в 2003–2025 гг. на долю ярусного флота приходилось около 26,1% от ее годовых уловов (рис. 71).

Согласно многолетней динамике промысловых показателей, общий вылов снюрреводами судов типа РС в 2008–2019 гг. держался на среднегодовом уровне в 5,2 тыс. т, с межгодовыми колебаниями в пределах от 3,1 до 6,3 тыс. т. При этом наблюдалось достаточно стабильное количество усилий на промысле, и колебание улова на усилие при среднемноголетнем уровне 3,2 т/усилие, в границах от 2,4 до 3,9 т/усилие. В 2020–2023 гг. улов на усилие резко увеличился – в 1,5–1,9 раза, по сравнению с 2019 г. и стал наибольшим за весь наблюдаемый период. При этом, количество усилий и общий вылов на данном виде промысла в эти годы существенно уменьшились. В 2024–2025 гг. улов на

усилие на снюрреводном промысле трески заметно просел и приблизился к показателям 2008–2019 гг. На ярусном лове на протяжении 2003–2025 гг. наблюдается тенденция увеличения общего вылова трески. Колебания уловов на усилие, в целом, имеет обратную связь с количеством промысловых усилий. Так, незначительное снижение улова на усилие наблюдалось в 2014–2018 гг., причем это происходило на фоне постепенного увеличения количества усилий. В 2019–2025 гг. улов на усилие существенно вырос, при этом в 2024–2025 гг. увеличилось количество промысловых операций с использованием ярусов, что сказалось на увеличении общего вылова трески.

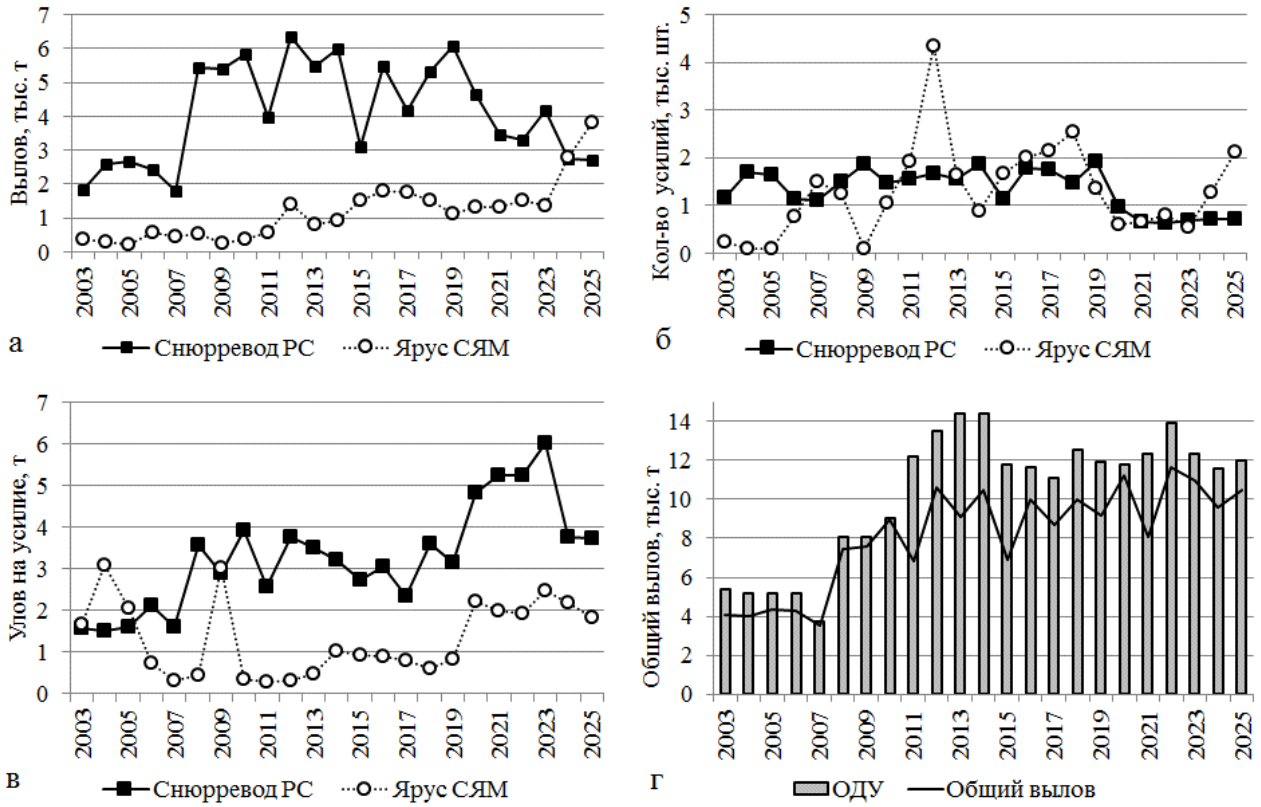


Рис. 71. Обобщенная промысловая статистика трески Северных Курил, вылов снюрреводами и донными ярусами (а), количество усилий (б), улов на усилие (в) судами типа РС и СЯМ, общий вылов (г) в 2003–2025 гг.

Основной вылов ярусами приходится на осенне-зимние месяцы, когда осваивается 60–87% годового вылова (рис. 72). Снюрреводами треску добывают в большей степени с января по август.

По данным, представленным в ОСМ Росрыболовства, в 2003–2025 гг. годовые уловы трески Северо-Курильской зоны изменялись от 3,6 тыс. т в 2007 г. до 11,6 тыс. т в 2022 г. (табл. 11).

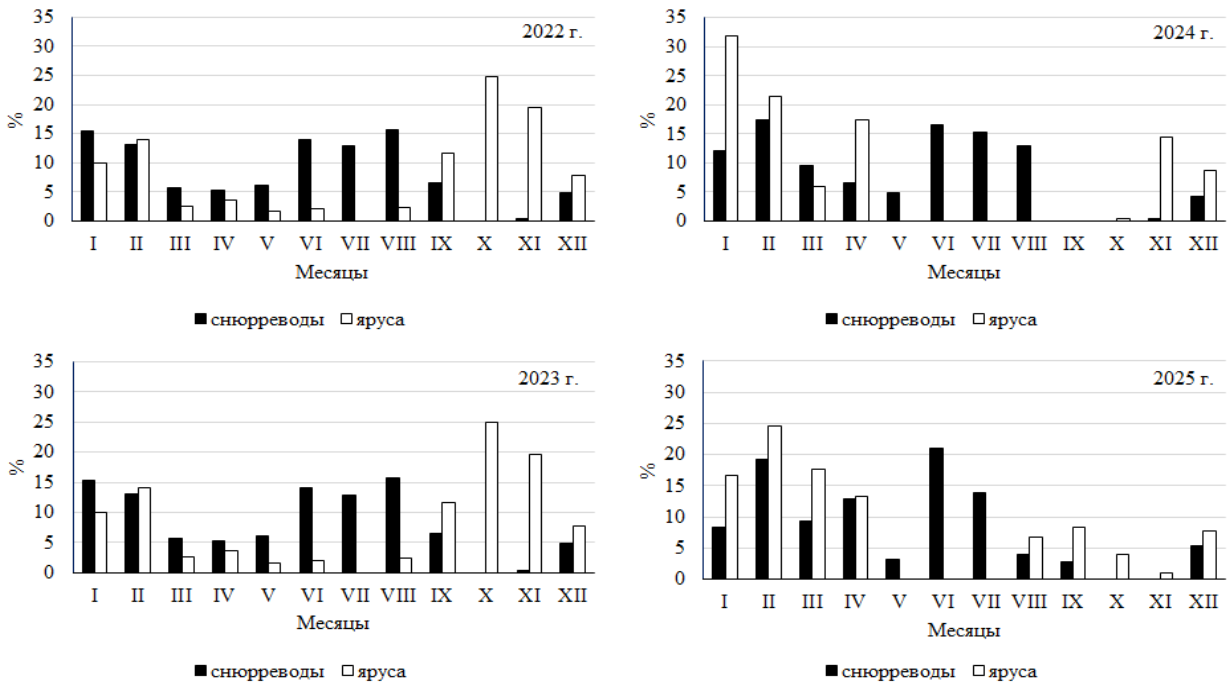


Рис. 72. Сезонная динамика промысла трески Северных Курил снюрреводами и донными ярусами в 2022–2025 гг.

Таблица 11

Вылов, ОДУ и освоение ОДУ трески Северных Курил в 2003–2025 гг. по данным ССД

Год	ОДУ, т	Вылов, т	Освоение, %
2003	5400	4557	84,4
2004	5200	4031	77,5
2005	5200	4357	83,8
2006	5200	4661	89,6
2007	3700	3565	96,4
2008	8100	7507	92,7
2009	8100	7638	94,3
2010	9000	9156	101,7
2011	12200	6854	56,2
2012	13500	10921	80,9
2013	14400	9082	63,1
2014	14400	10483	72,8
2015	11800	6911	58,6
2016	11650	9966	85,5
2017	11100	8665	78,1
2018	12550	9968	79,4
2019	11900	9193	77,3
2020	11800	11221	95,1
2021	12360	8085	65,4
2022	13900	11637	83,7
2023	12340	10962	88,8
2024	11600	9600	82,8
2025	12000	10490	87,4
Среднее	10322	8240	79,8

В 2025 г. вылов тихоокеанской трески составил 10,49 тыс. т (87,4% от ОДУ), что несколько выше среднемноголетнего уровня освоения ОДУ с 2003 г.

Основным видом промысла тихоокеанской трески у Северных Курил является снюрреводный лов.

Как можно видеть, размерно-возрастной состав научных траловых и промысловых снюрреводных уловов трески на шельфе Северных Курил формируется под влиянием отдельных урожайных поколений (рис. 73, 74).

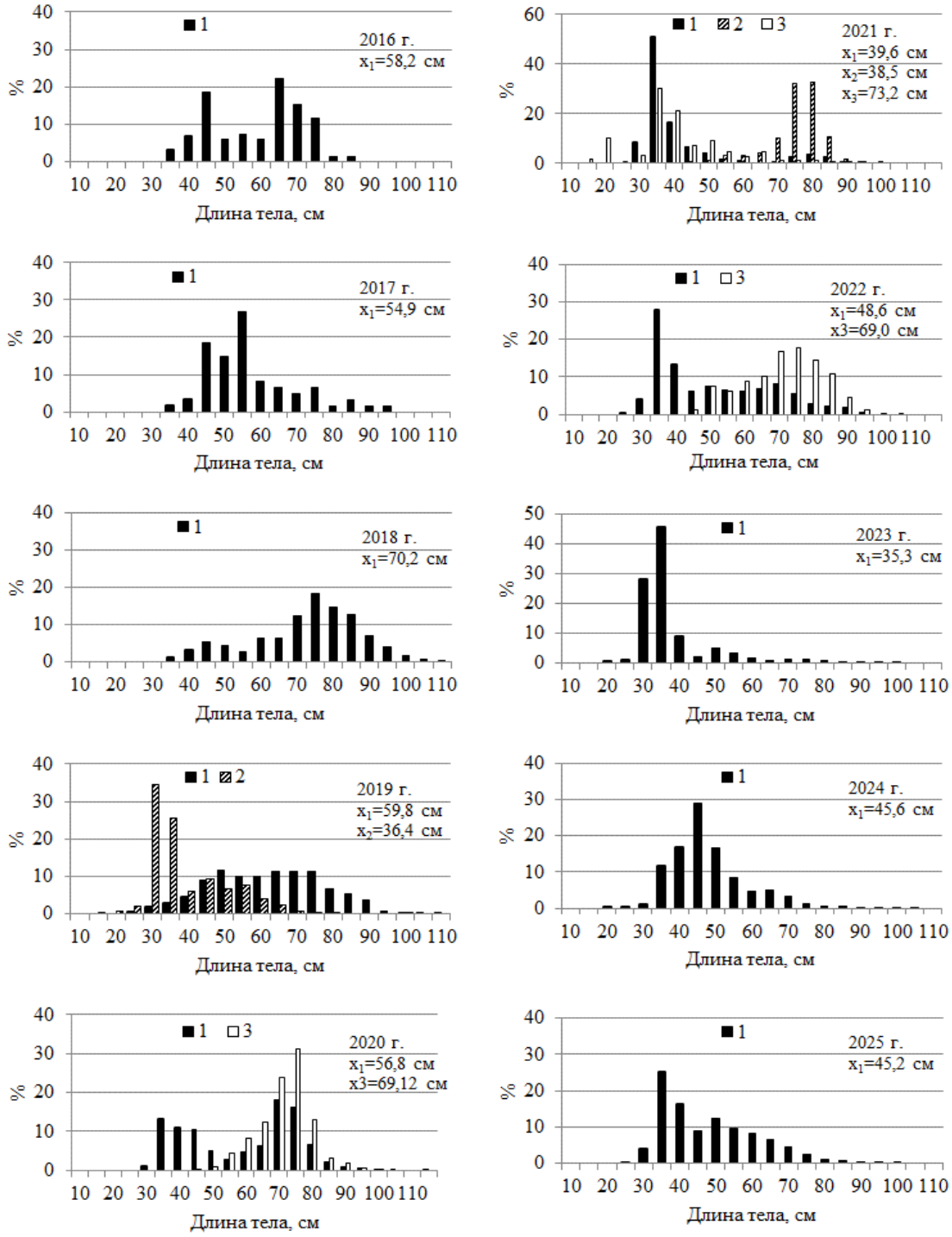


Рис. 73. Размерный состав трески Северных Курил: (1, x_1 – средняя длина) из промысловых снюрреводных; (2, x_2 – средняя длина) из научных траловых; (3, x_3 – средняя длина) из ярусных уловов в 2016–2025 гг., %

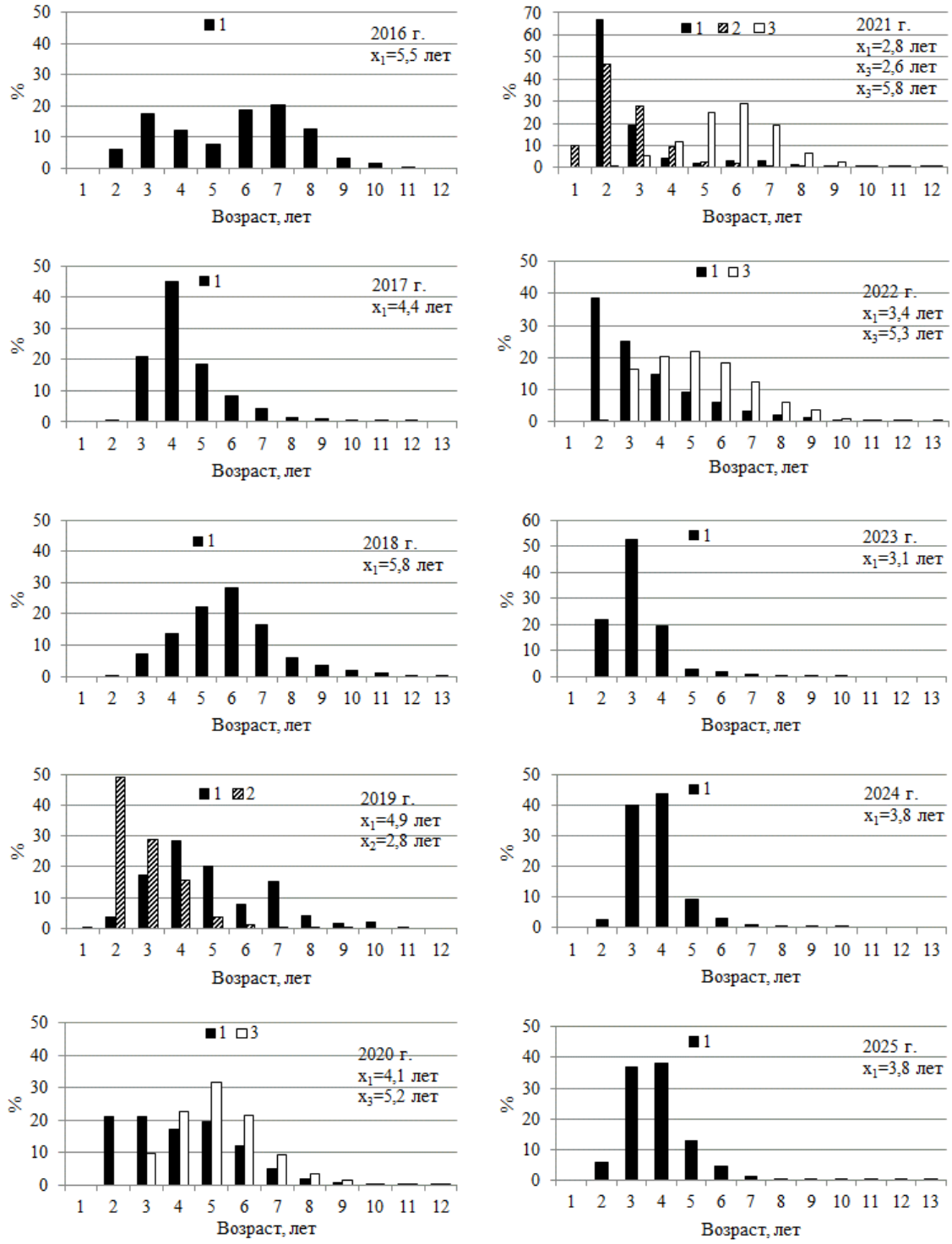


Рис. 74. Возрастной состав трески Северных Курил: (1, x_1 – средняя длина) из промысловых снюрреводных; (2, x_2 – средняя длина) из научных траловых; (3, x_3 – средняя длина) из ярусных уловов в 2016–2025 гг., %

В 2016–2018 гг. под влиянием поколений 2012–2013 гг., средняя длина рыб снизилась до 54,9 см, затем вновь увеличившись до 70,2 см. В эти годы доля мелкоразмерных рыб длиной 20–35 см и возрастом 1–2 года не превышала 6%. В 2019 г., при отсутствии доминирующей группы в промысловых уловах, была отмечена повышенная численность нового урожайного поколения 2-летних рыб (2017 г. рождения) в научных тралениях. Это привело к снижению

средней длины рыб до 59,8 см в снюрреводных и 36,4 см в траловых уловах, а средний возраст снизился до 4,9 и 2,8 лет соответственно. Доля молоди до 35 см достигла 62,8% в траловых уловах. В 2020 г. информация, собранная на снюрреводном, а также ярусном промысле показала, что в промысловом стаде доминируют 4–6-летние рыбы 2014–2016 гг. рождения длиной 70–80 см. При этом, в снюрреводных уловах была высока доля молоди 2–3 лет 2017–2018 гг. рождения, составившая по численности 42,4% от всех рыб.

В 2022 г. наблюдалась существенная доля в уловах особей 2019–2020 гг. рождения, численность которых составила 25,2 и 38,7% соответственно в снюрреводных уловах. В промысловом стаде преобладали 3–6-годовики 2016–2019 гг. рождения, что подтверждается данными ярусного лова. Поколение 2020 г. продолжало доминировать в снюрреводных уловах в 2023 и 2024 гг. В 2023 г. оно занимало 52,7% численности рыб, в 2024 г. на его долю приходилось 43,5%. Так же, как и предыдущая возрастная группа, в 2024 г. значимую роль в уловах занимала треска 2021 г. рождения, которая составляла 40,0% численности. В 2025 г. в уловах превалировали 3–4 годовики, т.е. поколения 2021 и 2022 гг. рождения, доля которых составляла 38,3 и 36,9% соответственно. Ещё 12,9% приходилось на рыб 2020 г. рождения.

Определение биологических ориентиров

Оценка ОДУ тихоокеанской трески Северных Курил была выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносится суждение о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации.

Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески Северных Курил.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе – SSB_{lim}, принята ее минимальная оценка за ретроспективный период. Эта величина составляет 18,9 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума.

Граничный ориентир по промысловой смертности F_{lim}=0,5235(1/год), определяющий рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, определен по методу Кадди [Caddy, 1998].

Максимум кривой равновесного улова на единицу пополнения (рис. 75) приходится на F=0,379 (1/год). Оценки ориентиров $F_{0.1}$ и $F_{40\%}$ составили 0,2455 (1/год) и 0,2485 (1/год), соответственно. Оценки F_{msy} и F_{med} составили 0,122 (1/год) и 0,099 (1/год), соответственно. Столь низкие значения последних двух параметров обусловлены большим разбросом значений пополнения и нерестовой биомассы и не могут быть приняты во внимание. Целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} определили на уровне, равном параметру F_{max} =0,379 (1/год).

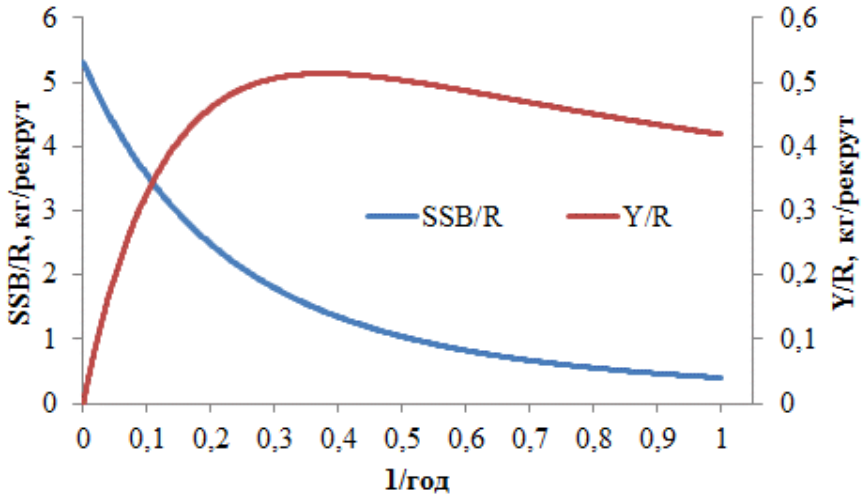


Рис. 75. Зависимость равновесного улова на рекрута Y/R и нерестовой биомассы на рекрута SSB/R от промысловой смертности F для трески Северо-Курильской зоны

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr}, при превышении которого возможно максимальное изъятие, определен как произведение значения равновесной биомассы на единицу пополнения, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{tr}, на среднюю за последние 10 лет величину пополнения в возрасте 2 года R(2) =17,35 млн экз. Таким образом, SSB_{tr} =33,0 тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) тихоокеанской трески Северо-Курильской зоны, цель которого – вывод запаса на уровень высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне. Схема ПРП представлена на рисунке 76.

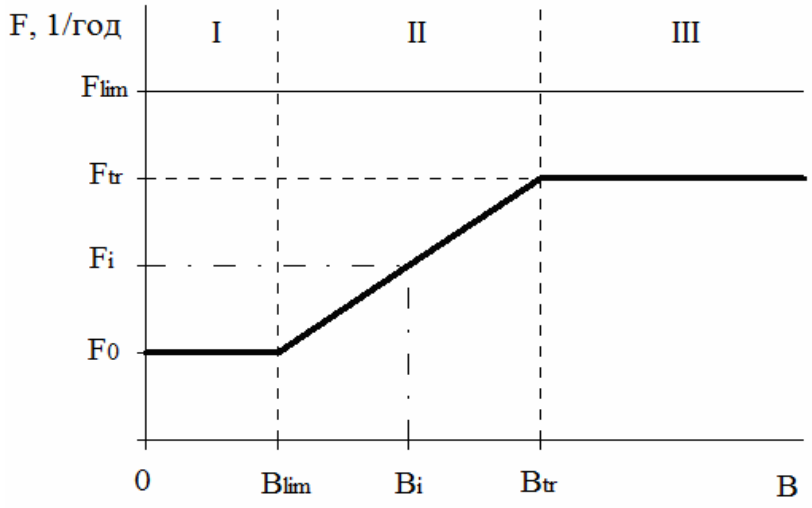


Рис. 76. Правило регулирования промысла трески Северных Курил

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$Frec_i = F_0$, при $B_i < B_{lim}$

$Frec_i = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$

$Frec_i = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности: F≈0,353 (1/год) соответствует величине ОДУ на 2026 г, равной 11,1 тыс. т.

В качестве пополнения запаса в Северо-Курильской зоне на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность двухлетних рыб. По нашим прогнозам, в 2026–2027 гг. она составит 17,35 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса на два года вперед (табл. 12).

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Прогнозируемый уровень нерестовой биомассы тихоокеанской трески Северных Курил на 2027 г. составляет 36,6 тыс. т, что соответствует области постоянной интенсивности промысла (режим III на рисунке 76). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно 0,37 (1/год).

Величину ОДУ на i-й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$$ [Бабаян, 2000], где:

s_j – возрастные коэффициенты селективности,

w_j – среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j – МКЕС,

$N_{i,j}$ – численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно ПРП, при уровне промысловой биомассы, равной 43,8 тыс. т, ОДУ трески Северо-Курильской зоны в 2027 г. составит 11,1 тыс. т.

Таблица 12

Оценка состояния запаса в 2025 г., прогноз состояния запаса трески Северо-Курильской зоны в 2026–2027 гг.

Показатель	Возраст, лет											Всего
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2025												
Численность на начало года, млн экз.	11,91	9,18	12,21	5,63	2,42	0,67	0,20	0,09	0,04	0,03	0,01	42,39
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,044	0,096	0,148	0,176	0,185	0,187	0,186	0,185	0,183	0,182	0,180	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,575	0,680	0,692	0,666	0,641	0,602	0,556	0,499	0,430	0,356	0,356	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,177	1,951	2,945	4,157	5,580	7,202	9,008	10,981	13,103	
Биомасса на начало года, тыс. т	3,06	5,78	14,52	10,96	7,05	2,75	1,08	0,64	0,38	0,30	0,13	46,65
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,16	7,26	7,67	6,34	2,75	1,08	0,64	0,38	0,30	0,13	27,71
2026												
Численность на начало года, млн экз.	17,35	6,85	6,24	8,45	3,75	1,55	0,40	0,11	0,04	0,02	0,01	44,77
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,083	0,183	0,282	0,336	0,353	0,357	0,356	0,353	0,350	0,347	0,344	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,552	0,623	0,605	0,568	0,541	0,508	0,470	0,422	0,364	0,302	0,302	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,177	1,951	2,945	4,157	5,580	7,202	9,008	10,981	13,103	
Биомасса на начало года, тыс. т	4,49	4,24	7,35	16,49	11,05	6,44	2,25	0,78	0,40	0,20	0,13	53,82
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	0,87	3,45	12,40	10,08	6,27	2,24	0,78	0,40	0,20	0,13	36,82
2027												
Численность на начало года, млн экз.	17,35	9,58	4,27	3,78	4,80	2,03	0,79	0,19	0,05	0,02	0,01	42,87
Мгновенный коэф. промысловой смертности, 1/год	0,088	0,193	0,298	0,354	0,373	0,377	0,376	0,373	0,370	0,367	0,363	
Годовой коэф. выживания с учетом промыслового изъятия	0,550	0,617	0,596	0,557	0,531	0,498	0,460	0,414	0,357	0,296	0,296	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,177	1,951	2,945	4,157	5,580	7,202	9,008	10,981	13,103	
Биомасса на начало года, тыс. т	4,49	5,93	5,02	7,37	14,14	8,45	4,39	1,37	0,41	0,18	0,07	51,82
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,21	2,36	5,55	12,90	8,22	4,36	1,36	0,41	0,18	0,07	36,62
Биомасса промыслового запаса, тыс. т	1,05	3,03	3,97	6,93	14,00	8,45	4,38	1,35	0,41	0,17	0,07	43,81
ОДУ, тыс. т	0,07	0,46	0,92	1,86	3,87	2,29	1,14	0,33	0,09	0,04	0,01	11,08

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 15 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса тихоокеанской трески Северных Курил не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 77). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α=0,1–0,2 [Бабаян, 2000].

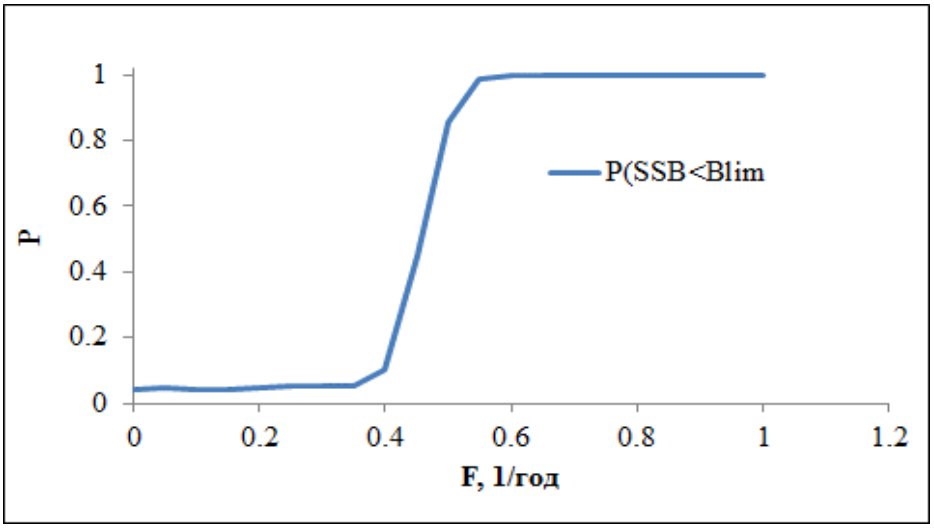


Рис. 77. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 78, при соблюдении ПРП запас трески с 95%-ной вероятностью будет находиться на примерном уровне целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью два года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперед, т. е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim}/ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim}/ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня α=0,1–0,3 [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный нами риск-анализ (рис. 79) показал, что при рекомендуемой в 2027 г. величине

ОДУ, равной 11,1 тыс. т, риски перелова по пополнению и по росту не превышают α=0,3. Следовательно, стратегию управления можно принять.

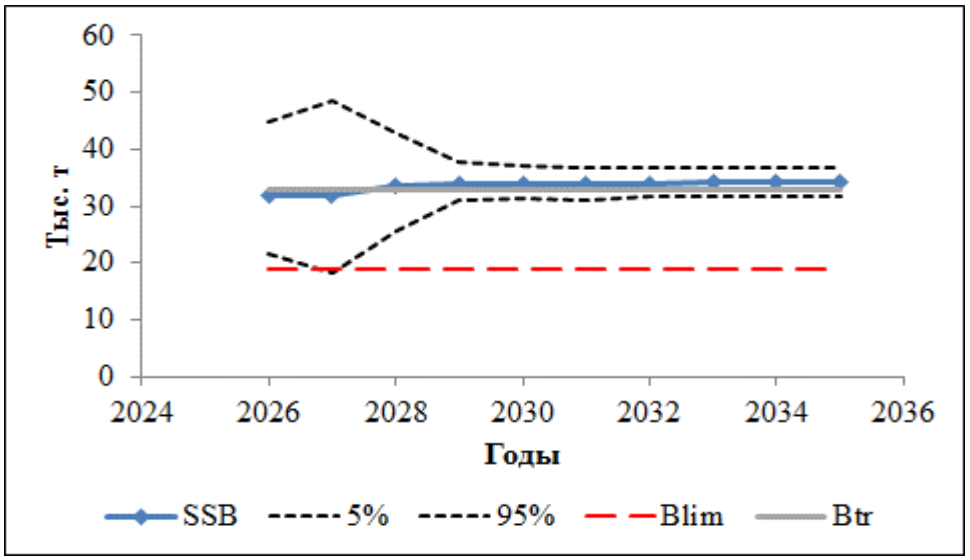


Рис. 78. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Северо-Курильской зоны в 2026–2035 гг. при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

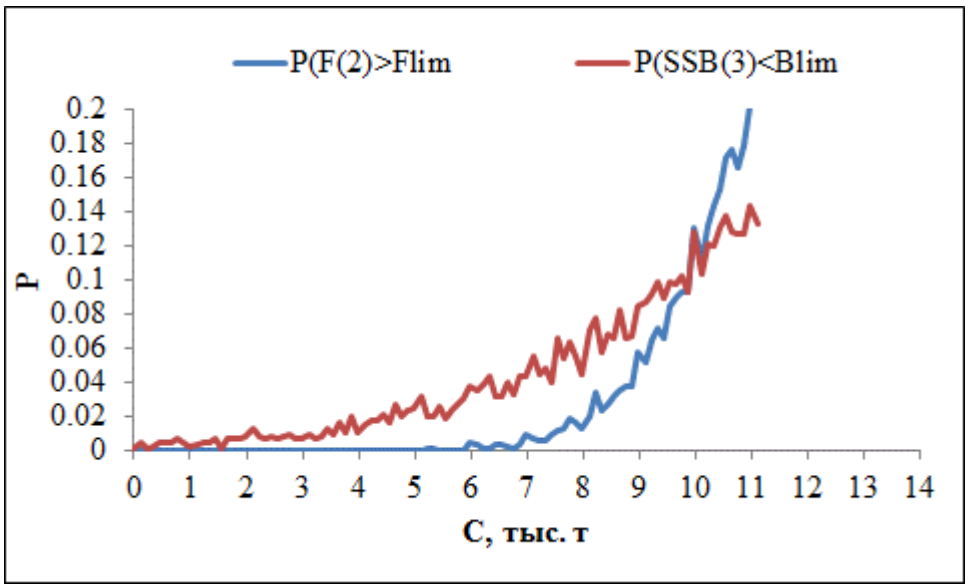


Рис. 79. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Северных Курил в 2026–2027 гг.

Окончательный вид ПРП тихоокеанской трески Северных Курил с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2015 по 2027 г. представлен на рисунке 80.

Таким образом, **ОДУ трески в Северо-Курильской зоне в 2027 г.** составит **11,100 тыс. т**.

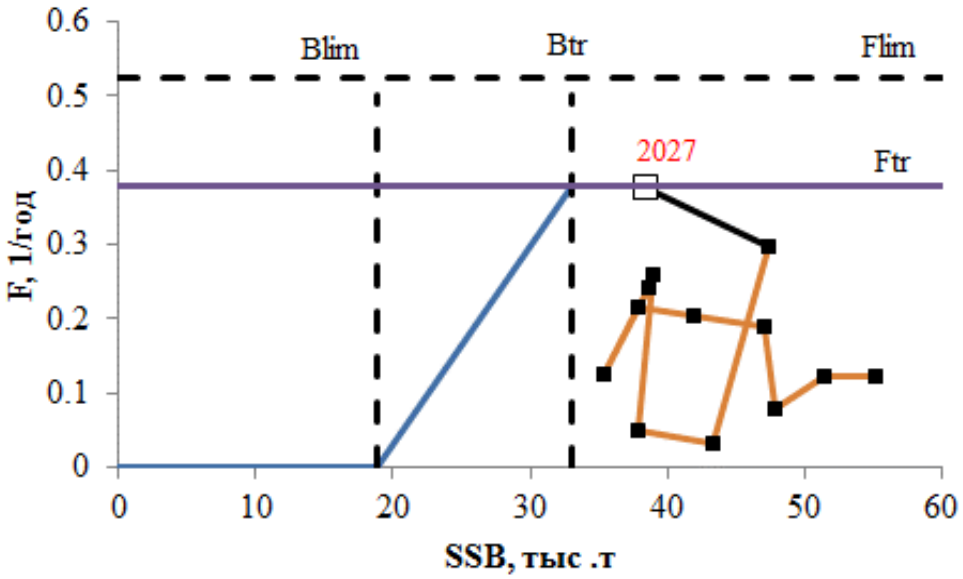


Рис. 80. Реализация правила регулирования промысла трески Северо-Курильской зоны

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: А.О. Золотов («ТИНРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Исходным материалом для разработки обоснования ОДУ трески Южно-Курильской зоны на 2027 г. послужили биостатистические данные из уловов донными тралами, ярусами и снюрреводами в период научно-исследовательских рейсов на шельфе и материковом склоне южных Курильских островов в 1974–2025 гг., а также биологическая и промысловая информация, собранная специалистами из промысловых уловов судов, при работе на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях, и на НИС «Океаническая» «ТИНРО» в 2020-2025 гг.

Для оценки запасов тихоокеанской трески Южных Курил модельными методами в обосновании обобщены архивные данные по размерному составу ее уловов в период траловых съемок, при работе на ярусном и траловом промысле, а также по ее годовому вылову Россией (до 1991 г. – СССР) и Японией в период с 1981 по 2002 гг.

По сравнению с материалами ОДУ трески Южных Курил предыдущего года, по результатам исследований 2025 г. в текущих материалах дополнительно использованы:

— результаты сборов и наблюдений за видовым составом промысловых снюрреводных и траловых уловов и распределением уловов трески этими орудиями промысла в феврале-июне 2025 г. на шельфе о-вов Шикотан, Кунашир и Итуруп, работы производились на

рыбоперерабатывающем предприятий ЗАО «Курильский рыбак»(о-ва Шикотан), ООО ПФК «Южно-Курильский рыбокомбинат» (о-ва Кунашир);

— информация о размерно-возрастном составе снюрреводных и траловых уловов трески на шельфе Южных Курил в период ее промысла в январе-июне 2025 г. Количество массовых промеров (МП) трески – 2839 экз.;

— результаты донной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков» на шельфе Южных Курил в августе-сентябре 2025 г.;

— информация официальной промысловой статистики по оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовым суточным донесениям (ССД), по данным отраслевой системы «Мониторинг» Росрыболовства (ОСМ) за 2025 г. Данные ООП использованы для определения общего вылова, ССД – для анализа сезонной динамики промысла и межгодовых изменений уловов на усилие. Следует иметь в виду, что отчетность по ООП – более полная по российским предприятиям, так как включают информацию по маломерным судам, но не содержит данных по вылову иностранным (японским) флотом, которые имеются в ССД. Поэтому информация об итоговом годовом вылове (табл. 13) представляет комбинацию вылова по ООП, плюс уловы иностранным флотом по ССД.

Таблица 13

Освоение ОДУ трески Южно-Курильской зоны в 2015–2025 гг.

Год	ОДУ, т	Вылов, т	Освоение, %
2016	9240	4534	49,1
2017	7900	6287	79,6
2018	7310	6128	83,8
2019	9500	6621	69,7
2020	8750	6600	75,4
2021	9520	9047	95,0
2022	12500	10792	86,3
2023	14000	10398	74,3
2024	12200	8461	69,4
2025	11950	8379	70,1
Среднее:	10287	7725	75,1

Общее число использованных в работе массовых промеров из уловов: донным тралами – около 34 тыс. экз.; ярусами – 7,1 тыс. экз.; снюрреводами, начиная с 2018 г. – 11,8 тыс. экз. Также использованы данные около 2,8 тыс. экз. полных биологических анализов.

Возраст рыб определен по отолитам. Возрастной состав в 1981–2000 гг. рассчитан с помощью размерно-возрастного ключа (~ 400 экз.), полученного по результатам исследований 2003–2014 гг. В 2021 г. работы по оценке возраста трески были возобновлены. По итогам сборов 2020-2022 гг. составлен новый «зимний» размерно-возрастной ключ (~2,0 тыс. экз.), позволяющий корректно оценивать возрастные составы уловов трески в период с декабря по май.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Анализируя накопленную к настоящему моменту информацию, следует заключить, что имеющиеся многолетние данные по размерно-возрастному составу, годовому вылову, скорости полового созревания, естественной смертности, результатам учетных съемок, позволяют производить оценку запасов трески с помощью аналитических моделей, и проводить сопоставление с данными прямых учетов.

Результаты исследований позволяют выделить ориентиры управления промыслом для формирования правила его регулирования (ПРП) на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000], определить ОДУ и оценить риски для запаса при использовании выбранной стратегии его эксплуатации.

Таким образом, согласно критериям, определенным приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы ВБР…» (далее – Приказ № 104), информационная обеспеченность прогноза соответствует I уровню.

До 2021 г. в качестве базового метода расчета численности и биомассы трески Южных Курил специалистами «ТИНРО» использовался виртуально-популяционный анализ (ВПА), реализованный в программном пакете «VPA version 3.1» [Darby, Flatman,1994]. В 2021 г., для оценки корректности и сопоставимости результатов расчетов численности тески Южных Курил, получаемых при использовании других когортных моделей, наряду с традиционным ВПА была апробирована модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. В текущем обосновании также приведен пример ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил по модели «Синтез».

Модель «Синтез» относится к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, которая учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Алгоритм модели реализован в ПО, разработанной специалистами «КамчатНИРО». Наряду с другими известными моделями, в 2019 г. она была рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов отечественного рыболовства, к которым относится и треска [[Методические рекомендации…, 2018].

В целом, несмотря на некоторые отличия в абсолютных значениях в ретроспективном аспекте, обе модели сходным образом описывали основные черты динамики запаса трески в 1981-2020 гг., отражая исторический максимум на начальном этапе исследований, снижение до минимальных значений в 1991-1995 гг. и последующий постепенный рост, вплоть до последних лет, когда уровень промысловой биомассы стал сопоставим с начальным периодом. Наиболее важно, однако то, что в годы близкие к терминальному, обе модели давали практически идентичные оценки численности и биомассы, что в перспективе позволяет использовать их в равной степени для определения ОДУ трески Южных Курил.

Кроме того, внутри модели «Синтез» возможно определение ряда параметров, которые могут быть использованы для оценки ориентиров управления промыслом. В текущем обосновании в качестве граничного ориентира по промысловой смертности используется величина, соответствующая максимуму аналитической кривой улова на рекрута F_{max}=0,57, в качестве целевого – F_{med}=0,23. Оба этих параметра были определены в 2022 г. по результатам расчетов ВПА в предыдущие годы, и корректировке не подвергались.

По результатам прогона модели «Синтез» эти два показатели были оценены на уровне F_{max}=0,45 и F_{med}=0,24, т.е. оказались практически идентичными, что свидетельствует о том, что, обе эти модели в равной степени могут быть использованы для оценки запасов трески Южных Курил.

Возможно, в ближайшей перспективе, специалисты «ТИНРО» при оценке запасов трески Южных Курил перейдут на расчеты численности и биомассы по более современной модели. Однако, в рамках настоящего обоснования целесообразным представляется пока сохранить преемственность, сохранив в качестве базовой расчетной модели ВПА.

Основным аргументом, при этом, является то, что, в начале 2020-х годов, в результате появления трех урожайных поколений, уровень промысловой биомассы трески Южных Курил стал практически сопоставим с максимальным. Для тихоокеанской трески периоды высокой численности не являются характерными [Золотов, 2010; Золотов и др., 2020], и, по всей видимости, в ближайшее время следует ожидать снижения ее запасов, что требует более взвешенного подхода к регулированию промысла.

Учитывая, что смена модели расчетов численности трески Южных Курил, неизбежно повлечет необходимость изменений граничных и целевых ориентиров управления промыслом и, соответственно, трансформацию ПРП, считаем целесообразным пока сохранить метод ВПА в качестве базового, для того, чтобы не подвергать корректировке имеющееся ПРП. Таким образом, на текущем переходном периоде высокой численности, предлагается осуществлять регулирование промысла трески данной группировке в прежней системе координат «промысловая смертность - нерестовый запас».

Резюмируя, расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса тихоокеанской трески, по данным промысловой статистики и размерно-возрастного состава ярусных и траловых уловов, в рамках текущего обоснования, выполнены методом ВПА. Зависящие от возраста, мгновенные коэффициенты естественной смертности, определяли методом Тюрина [Тюрин, 1972].

Оценку биомассы по данным съемок выполняли с использованием ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2007], оценка производилась в диапазоне глубин 0–400 м с использованием полигонов Вороного.

Исследования выполняли донными тралами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 18–28 м.

При расчетах численности и биомассы по данным съемок, коэффициент уловистости для тихоокеанской трески полагали равным – 0,4,

что является общераспространенной практикой при оценке ее запасов по данным донных траловых съемок на Дальневосточном бассейне. Для того, чтобы оценки по съемкам были сопоставимы с модельными расчетами, они были пересчитаны на начало года с учетом вылова на дату проведения исследований и убыли от естественных причин.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Многолетняя динамика уловов. Промысловое освоение ресурсов тихоокеанской трески у Южных Курил имеет достаточно давнюю историю. Ее успешный ярусный лов осуществлялся японскими рыбаками еще в 1930–1940–е гг., когда был зафиксирован предвоенный максимум официального годового вылова – более 22 тыс. т [Золотов и др., 2020]. В последующие годы, с переходом островов под юрисдикцию СССР, и в связи с резким сокращением запасов, ее годовые уловы редко превышали 1–2 тыс. т.

Новый этап развития трескового промысла пришелся на 1980–е гг. и был связан с очередным периодом резкого повышения запасов тихоокеанской трески, характерного, в тот период, для всех районов дальневосточных морей. В 1981–1985 гг. у Южных Курил судами Японии в среднем в год добывали около 11,4 тыс. т (рис. 81), специализированный промысел трески отечественными судами в данном районе отсутствовал, и ее добывали только в качестве прилова – не более 0,43 тыс. т в год. Исторический максимум советского вылова трески пришелся на 1988 г., когда было добыто 16,0 тыс. т, на этот же год пришелся пик суммарных годовых уловов судами России и Японии – около 23 тыс. т, после чего промысловые показатели постепенно пошли на спад.

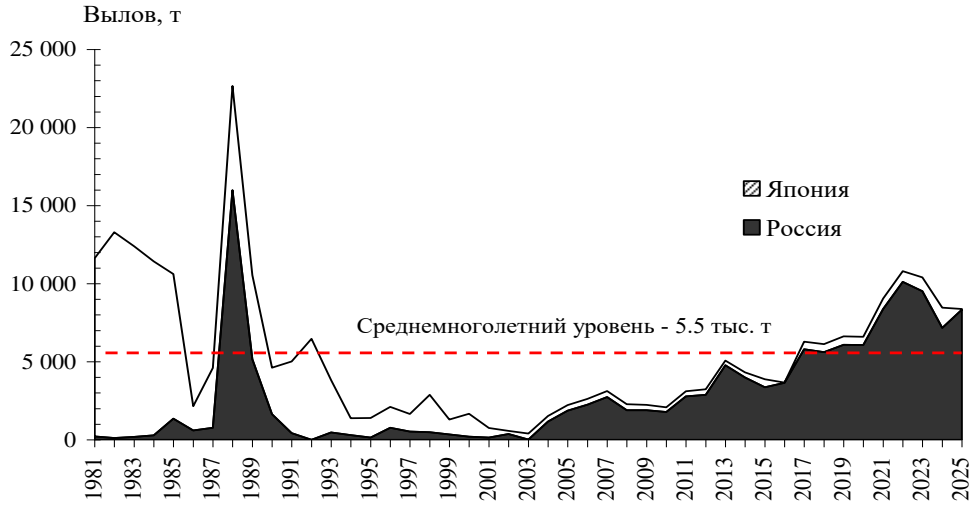


Рис. 81. Многолетняя динамика годовых уловов трески у южных Курильских островов в водах Российской Федерации

Снижение запасов тихоокеанской трески в 1990–2000–е гг. привело к сокращению квот трески Южных Курил, выделяемых Японии по межправительственным соглашениям [Ким Сен Ток и др. 2010]. В результате

чего ее годовые уловы после 2001 г. снизились. Российские рыбаки, довольно длительное время добывали треску лишь в качестве прилова.

Только в последнее десятилетие, на фоне постепенного роста ее ресурсов, и в связи с развитием береговой рыбоперерабатывающей промышленности на Южных Курилах, наметилась тенденция к ее специализированному освоению.

По данным ООП в 2013–2021 гг. годовые уловы трески в Южно-Курильской зоне изменялись от 3,9 в 2015 г. до 9,05 тыс. т в 2021 г., В среднем ОДУ осваивался на 69%, а среднегодовой вылов составил 6,3 тыс. т. (табл. 13). В 2022 г. вылов тихоокеанской трески оценивался на уровне 10,792 тыс. т, что составляло 86,3% от ОДУ. Это максимальная величина годового вылова, начиная с 1988 г. В 2023 г. годовой вылов южнокурильской трески составлял 10,4 тыс. т. В 2025 г., по состоянию на 15 декабря, годовой вылов трески уменьшился до 8,4 тыс. т, что во многом связано с существенными санкционными ограничениями японского промысла. Тем не менее, это четвертый результат по валовому вылову за более чем 40-летний период наблюдений, если рассматривать только отечественный промысел, и седьмой – в целом.

Стабильное состояние промысловых ресурсов трески в водах южных Курильских островов и о-ва Хоккайдо в подтверждаются данными о многолетней динамике ее вылова японскими рыбаками, предоставленных специалистами Японии в рамках совещания по линии международного сотрудничества в октябре 2018 г. в г. Владивостоке [Золотов и др., 2020].

Наряду с добычей в трески в российских водах, прилегающих к западной оконечности о-ва Кунашир, существует ее устойчивый промысел в японских территориальных водах в Кунаширском проливе. При этом, в среднем в год, на данном небольшом участке в 2007-2017 гг. добывалось около 2,7 тыс. т трески.

В тихоокеанских водах, омывающих юго-восточное побережье о-ва Хоккайдо, простирающихся вплоть до Малой Курильской гряды, в многолетней динамике промысла тихоокеанской трески отмечались сходные тенденции, по сравнению с российскими водами Южных Курил. Максимальные уловы пришлись на 1985-1995 гг., после чего наблюдалась устойчивая тенденция к снижению годового вылова, вплоть до минимума в 2003 г. Впоследствии, и до настоящего времени, происходило постепенное увеличение годовой добычи и в среднем в 2007-2017 гг. в данном районе японские рыбаки добывали около 15,2 тыс. т.

Структура промысла. В отличие, например, от Северных Курил, структура промысла тихоокеанской трески у южных Курильских островов еще продолжает формироваться [Золотов и др., 2020].

В начале 2000-х гг. невысокий уровень ее запасов, значительные объемы, выделяемые для промысла по межправительственным соглашениям и низкий уровень развития собственной береговой переработки, приводил к тому, что небольшие объемы квот успешно осваивались российским траловым флотом в прилове, а специализированный снюрреводный лов был

не развит. По опубликованным данным [Ким сен Ток и др., 2010] доля снюрреводного промысла в этом районе до середины 2000-х гг. составляла лишь около 12,2%.

В 2003-2013 гг. наибольший вклад в годовые уловы трески у Южных Курил еще обеспечивали российские суда, оснащенные тралами, на долю которых приходилось почти 53% (рис. 82). В 2014-2019 гг. основной акцент сместился на снюрреводный лов, на который в среднем приходилось уже более половины годового вылова, а доля тралового промысла сократилась до 36,1%.

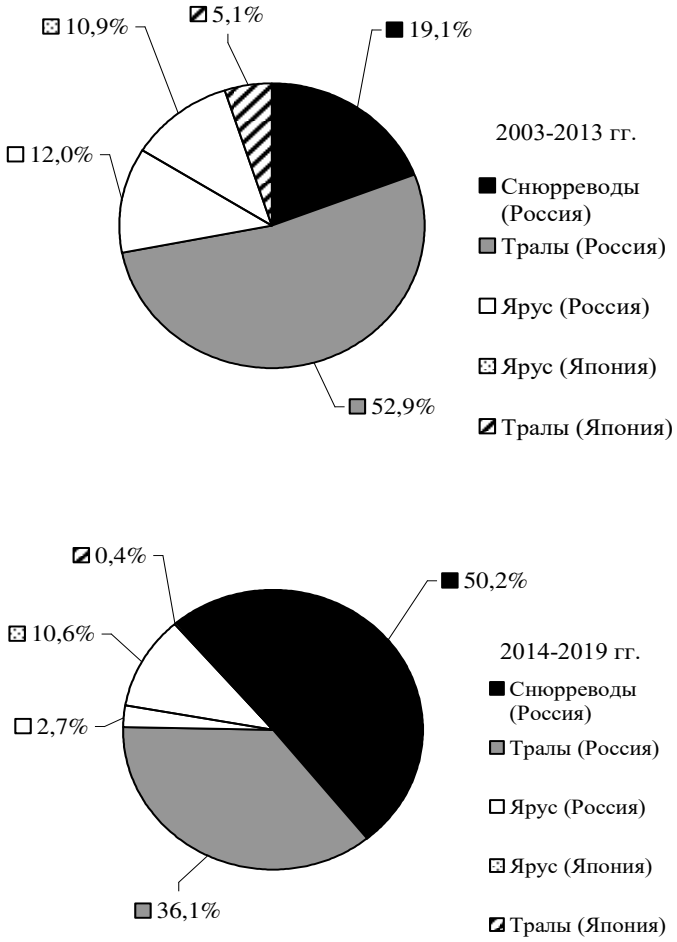


Рис. 82. Структура промысла трески Южных Курил в 2003-2013 гг. (вверху) и в 2014-2019 гг. (внизу)

Полагаем, что такая ситуация стала возможной в связи с ускоренным развитием рыбоперерабатывающих береговых мощностей и возросшей потребностью в ресурсах для переработки, а также поступательным ростом запасов трески, квоты на которую уже не могли быть освоены при траловом лове в ограниченный период формирования преднерестовых скоплений. Снюрреводы же, являются более эффективным орудием при облове нагульных, относительно разреженных, скоплений в теплый период года.

Также можно заметить, что, за последние пять лет практически прекратил свое существование японский траловый промысел. Ярусный лов трески рыбаками Японии сохранился в прежних объемах, и осуществляется исключительно малотоннажным флотом, и только в период с ноября по февраль (рис. 83 В). Российские суда к 2019 г. сократили ярусный лов трески у Южных Курил почти в четыре раза по сравнению с предыдущим периодом.

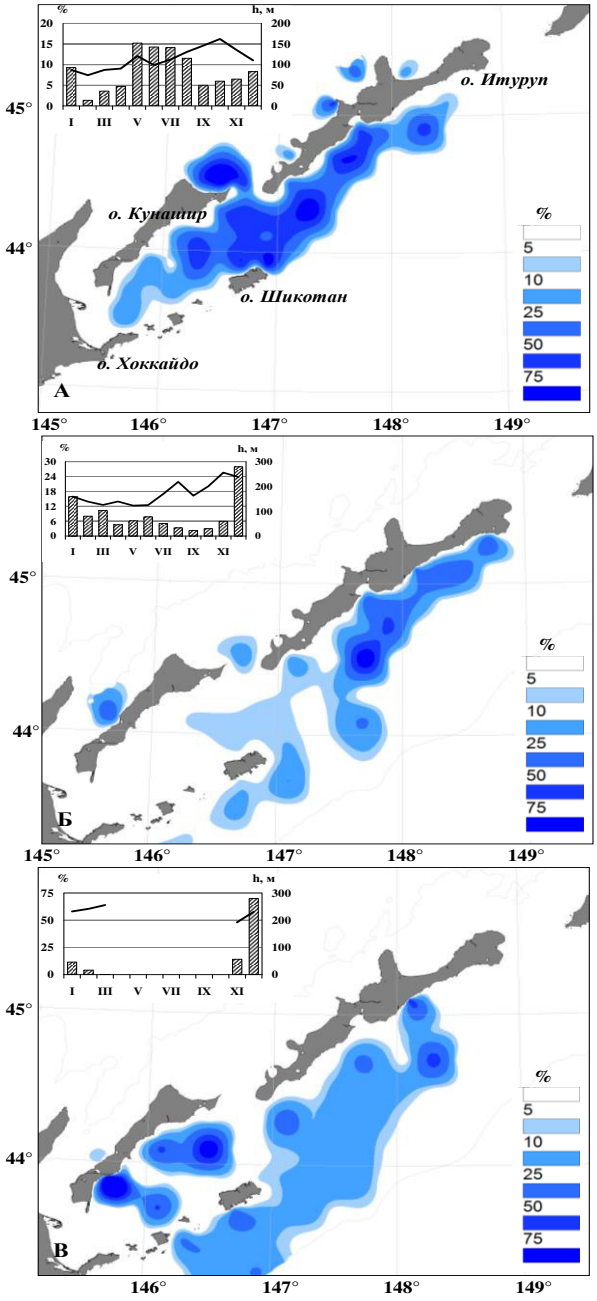


Рис. 83. Осредненное распределение уловов на шельфе южных Курильских островов (в % от максимальных значений трески при промысле: А – снюрреводами (Россия), Б – тралами (Россия), В – ярусами (Япония). На диаграмме дополнительно указано сезонное распределение уловов (гистограмма) и осредненная глубина ведения промысла (линия)

В 2021 г. указанные процессы перераспределения в структуре промысла трески Южных Курил получили развитие. Так полностью

прекратился ее ярусный лов российскими судами. Доля ее вылова траловым флотом сократилась до 1,3%. Вклад японских ярусоловов составил около 7,3%, а остальное было добыто снюрреводами.

В настоящий момент снюрреводным промыслом охвачен почти весь участок шельфа от юго-западной оконечности о-ва Кунашир до восточной оконечности о-ва Итуруп вплоть до 45° с.ш., включая мелководный Южно-Курильский пролив между о-вами Кунашир и Шикотан, а также прол. Екатерины (рис. 83А). Кроме того, ограниченный лов снюрреводами существует и в ряде небольших заливов с охотоморской стороны о-ва Итуруп.

Наиболее эффективный промысел происходит с мая по август на глубинах от 100 до 130 м, при этом наблюдается выраженная тенденция к росту уловов в течение года, от февраля к октябрю, когда максимальный вылов на судосутки превышает 8 т (рис. 84).

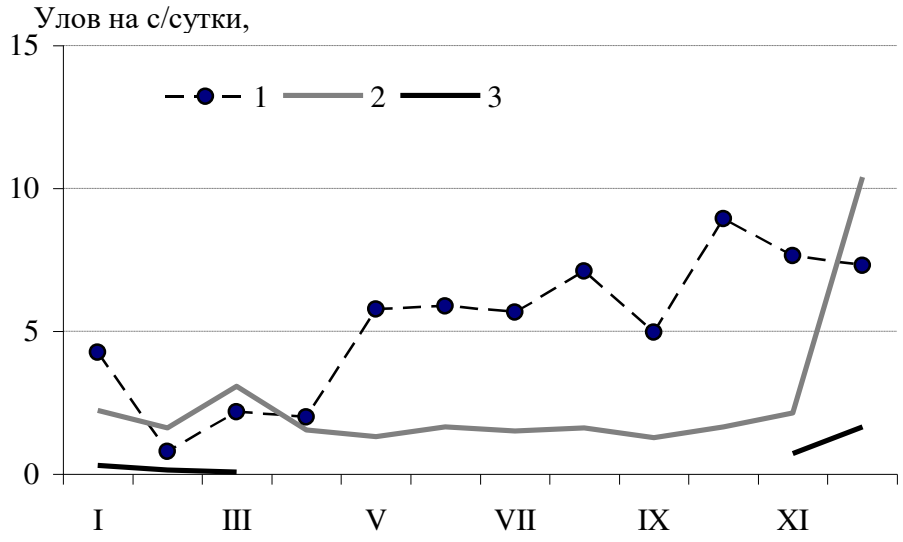


Рис. 84. Сезонная динамика уловов трески на судосутки промысла на шельфе Южных Курил. 1 – снюрреводы, 2 – тралы (донные и пелагические), 3 – яруса (Япония)

Наиболее интенсивный траловый промысел трески в настоящий момент осуществляется российскими судами в период с декабря по март. При этом основным участком промысла является внешний шельф о-ва Итуруп с тихоокеанской стороны на глубинах от 150 до 250 м (рис. 83Б). Уловы на судосутки тралового промысла максимальны в декабре, в период формирования преднерестовых скоплений и превышают 10 т на судосутки. В остальное время треску тралами облавливают в незначительных количествах, видимо, в качестве прилова, так как уловы на усилие не превышают 2 т.

Ярусный лов трески малотоннажным флотом Японии охватывал внешний участок шельфа с тихоокеанской стороны Малой Курильской гряды и о-ва Итуруп, а также мелководный Южно-Курильский пролив. Однако, судя по минимальным величинам уловов на усилие, которые в самый

продуктивный сезон не превышают 2 т (рис. 84), треска не является целевым объектом промысла и добывается в прилове.

Наблюдения за промыслом трески, выполненные в январе-апреле 2020 г. при работе на Р/З «Крабозаводское» ЗАО «Курильский рыбак» (о-в Шикотан), в целом, подтвердили выявленные особенности распределения ее уловов. Несмотря на то, что целевым объектом прибрежного промысла был минтай, основным объектом прилова являлась тихоокеанская треска. Ее встречаемость в снюрреводных уловах достигала 96,4%, а в траловых была вполовину меньшей – 42,6%. При этом, в уловах отдельных уловов и заметов треска являлась доминирующим видом.

Основной район снюрреводного промысла был сосредоточен на участке южно-курильского мелководья между о-вами Кунашир и Шикотан, прилегающем к прол. Екатерины, тогда как тралами треску облавливали в основном на шельфовом участке с тихоокеанской стороны о-ва Итуруп, напротив зал. Касатка.

Что касается межгодовой динамики промысловых показателей (рис. 85), после 2018 и до 2021 гг. наблюдалось снижение числа судосуток промысла, проведенных снюрреводным и траловым флотом, подающим ССД, на лову, при одновременном поступательном росте уловов на усилие.

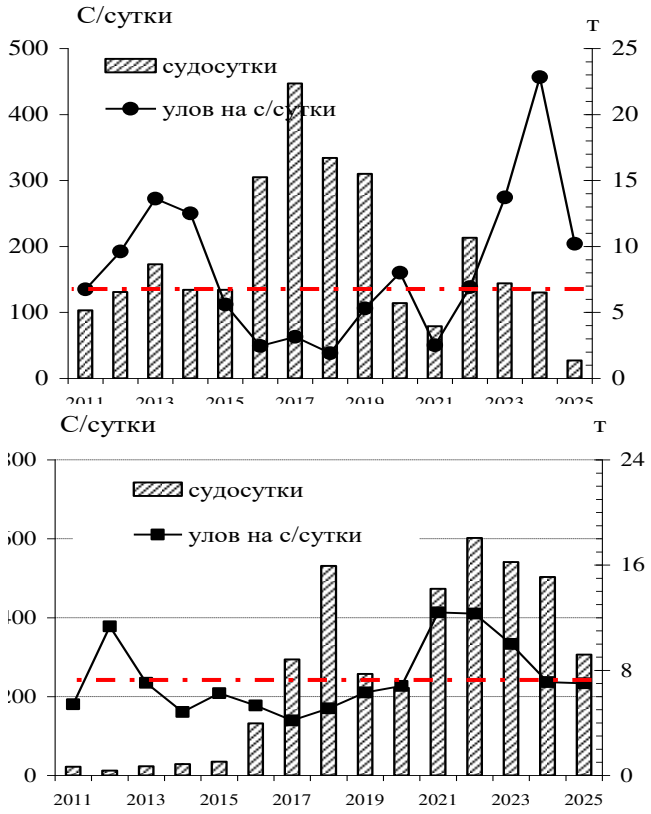


Рис. 85. Динамика количества усилий и уловов трески на усилие при осуществлении тралового (вверху) и снюрреводного (внизу) промысла у южных Курильских островов в 2011-2025 гг.

В 2023 г. уловы на усилие для судов, оснащенных тралами, оказались максимальными с 2011 г., однако весь вылов, по сути дела, был показан в

марте, на нерестовых скоплениях, и в остальное время года треска тралами добывалась лишь в прилове.

В 2024 г. высокие показатели тралового флота были достигнуты лишь за счет работы двух судов РК «Островной» ‑ «Таймания» и «Арктик», основной вылов которых пришёлся на март, при промысле на нерестовых скоплениях. Снюрреводный промысел в 2024-2025 гг. был стабильным, среднесуточные уловы варьировали в пределах 7,0-7,1 т, что немного выше среднемноголетнего уровня.

Состояние запасов. Методы прямого учета. По определению численность популяции определяется урожайностью и количеством поколений слагающих ее. При этом, появление генераций повышенной численности обычно проявляется в доминировании в размерно-возрастном составе научных и промысловых уловов особей определенной длины. Для тихоокеанской трески это, как правило, 2-3 годовики, размером 25-50 см.

В целом, для трески Южных Курил не характерно наличие в составе более одного, максимум двух, поколений повышенной урожайности. Согласно данным когортных расчетов (рис. 86), среднемноголетняя численность ее поколений в возрасте 2 полных лет оценивалась на уровне 6,8 млн экз., при этом максимум ихтиомассы достигался на 5 году жизни.

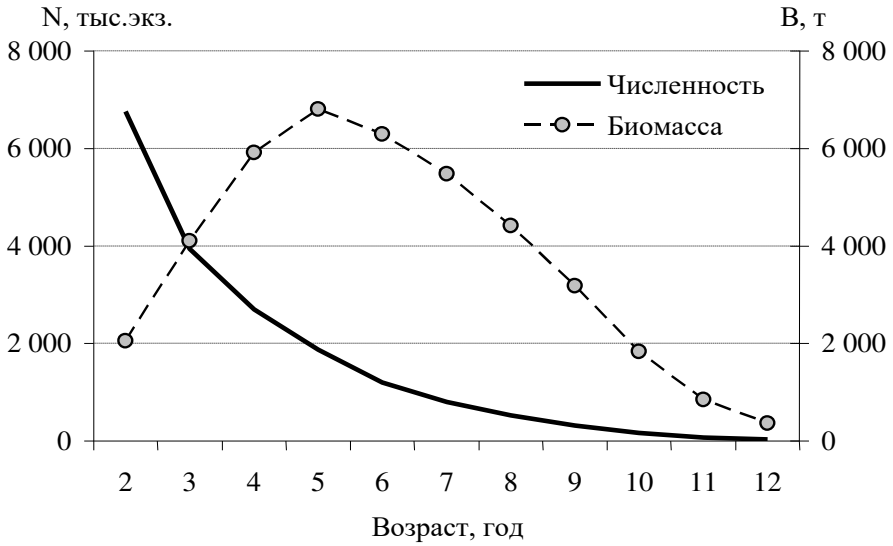


Рис. 86. Кривая выживания и ихтиомассы «среднего» поколения трески Южных Курил по данным ретроспективного когортного анализа

Исходя из сравнительного анализа результатов учетных работ на шельфе Южных Курил в 2019-2025 гг. и данных модельных оценок, которые подробнее будут обсуждаться ниже, в последнее десятилетие, к поколениям повышенной урожайности, численность которых в возрасте 2 года (R2) превышала среднемноголетнюю, можно отнести генерации 2010 и 2015-2017 гг. рождения.

В 2012 г., при выполнении учетной съемки в Южно-Курильском проливе (табл. 14), была отмечена высокая доля молоди 2010 г. рождения (69,5% от общей численности).

Таблица 14

Возрастной состав трески Южных Курил из донных траловых уловов в период съемок в 2002-2025 гг., %

Год	Возраст, лет											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2012	0	69,5	5,9	7,1	7,9	5,3	2,6	0,8	0,5	0,4	0	0
2014	0	11,2	15,4	38,3	25,1	7,3	2,6	0,1	0	0	0	0
2018	19,1	41,1	7,0	12,0	13,5	4,3	1,7	0,5	0,4	0,3	0,1	0
2019	0	22,2	51,7	25,1	0,9	0,1	0	0	0	0	0	0
2020	0,2	10,5	32,6	29,7	15,5	6,4	2,6	1,0	0,9	0,57	0,03	0
2025	15,18	8,62	17,6	19,8	14,0	11,8	8,24	3,38	0,97	0,31	0,08	0,02

Впоследствии, поколение 2010 г., которое полностью вступило в промысел к 2015 г., составляло основу промыслового запаса. Численность этой генерации в возрасте 2-х лет оценивалась на уровне 7,2 млн экз., т.е. была выше среднемноголетнего уровня.

В августе–сентябре 2014 г. основу уловов составляли 4–6 годовики длиной 50–75 см, на долю которых приходилось около ¾ от общей численности. Обращал на себя внимание значительный вклад в уловы 4-годовалых особей 2010 г. рождения, повышенную урожайность которых мы отмечали выше. Их доля в уловах в 2014 г. достигала 38,3%.

К сожалению, в 2015-2017 гг. донные траловые исследования, позволяющие оценить размерно-возрастную структуру запаса трески Южных Курил не осуществлялись.

Распределение и размерно-возрастной состав уловов тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил летом 2018 г. были довольно типичными (табл. 14, рис. 87, 88).

Основные концентрации были приурочены к Южно-Курильскому мелководью и участкам, прилегающим к тихоокеанскому побережью о-ва Итуруп. При этом в уловах доминировала молодь возрастом 2 года, и размером 20-30 см. На их долю приходилось около 60% по численности. Очевидно, эти рыбы представляли собой, относительно высокочисленную, генерацию 2016 г. рождения.

Оценка промысловой биомассы по данным съемки осуществлялась исходя из учтенной численности (с учетом коэффициента уловистости 0,4) и в соответствии с фактическим размерным составом уловов. По известной зависимости «длина тела – масса» трески южнокурильского шельфа, оценивался вклад каждой группы и определение промысловой биомассы.

По данным выполненной в 2018 г. донной траловой съемки оценка промысловой биомассы составила 36,9 тыс. т, нерестовой – 23,2 тыс. т. С учетом текущего вылова (по состоянию на конец августа) и убыли от естественных причин за первые 8 месяцев года, промысловая биомасса на начало 2018 г. оценивалась на уровне 46,6 тыс. т.

Оценка численности поколения 2016 г. рождения, полученная на основе когортного моделирования текущего 2023 г., в возрасте R2 составляла

около 14,8 млн экз., что, почти в 2,2 раза выше среднемноголетнего уровня. Иными словами данная генерация может быть отнесена к высокоурожайным. В ноябре 2019 г. донными траловыми исследованиями был охвачен только лишь тихоокеанский участок шельфа, прилегающий к о-вам Кунашир и Итуруп, включая южно-курильское мелководье (рис. 89). Основные концентрации трески отмечались к югу, юго-западу от о-ва Итуруп, на изобатах от 100 до 300 м. В уловах доминировали рыбы 2016 г. рождения длиной 40-45 см. На их долю приходилось свыше 62% от общей численности.

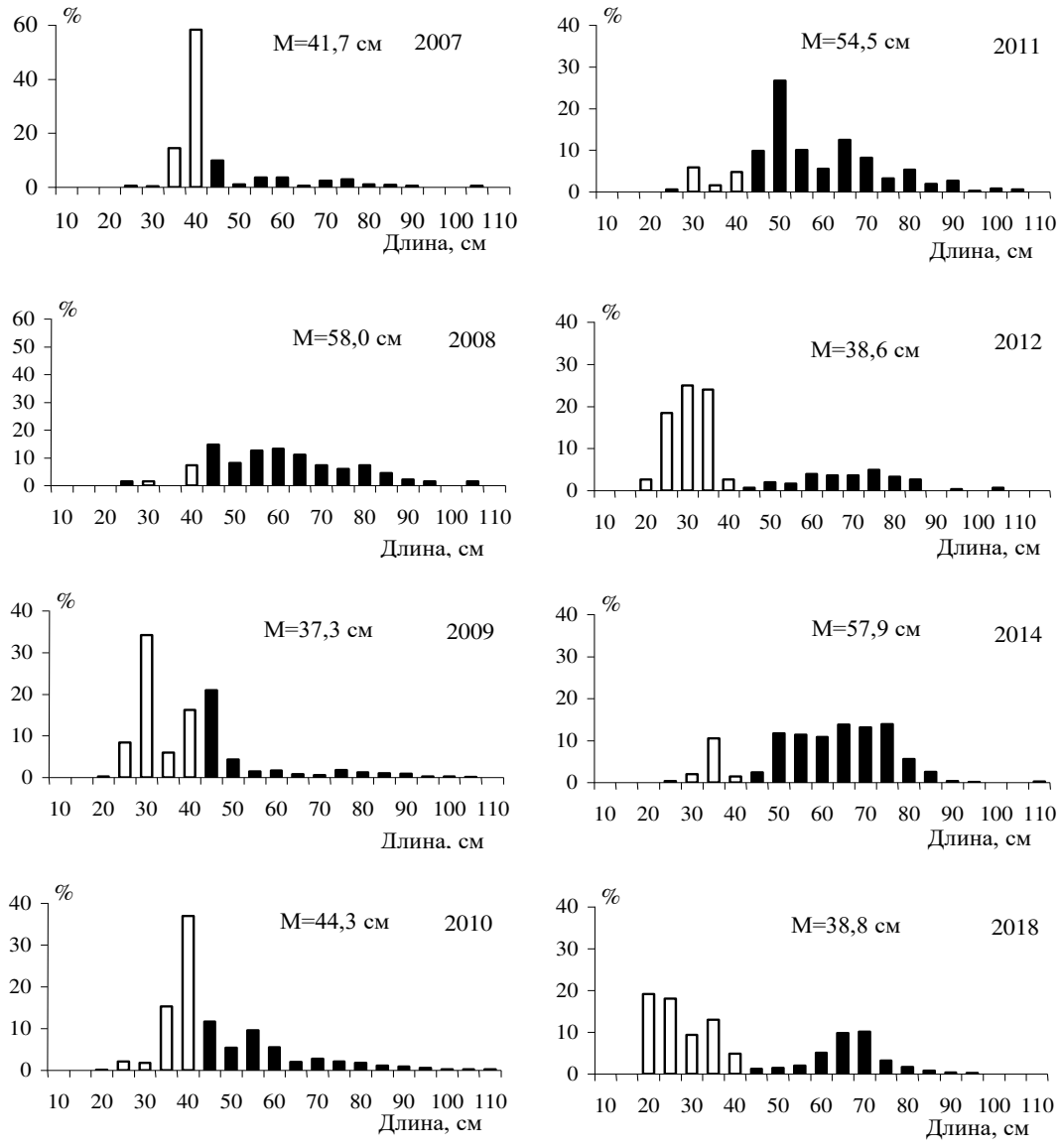


Рис. 87. Размерный состав трески южных Курильских островов в уловах в период проведения донных траловых съемок в 2007–2018 гг., белым цветом на гистограмме выделены особи непромыслового размера

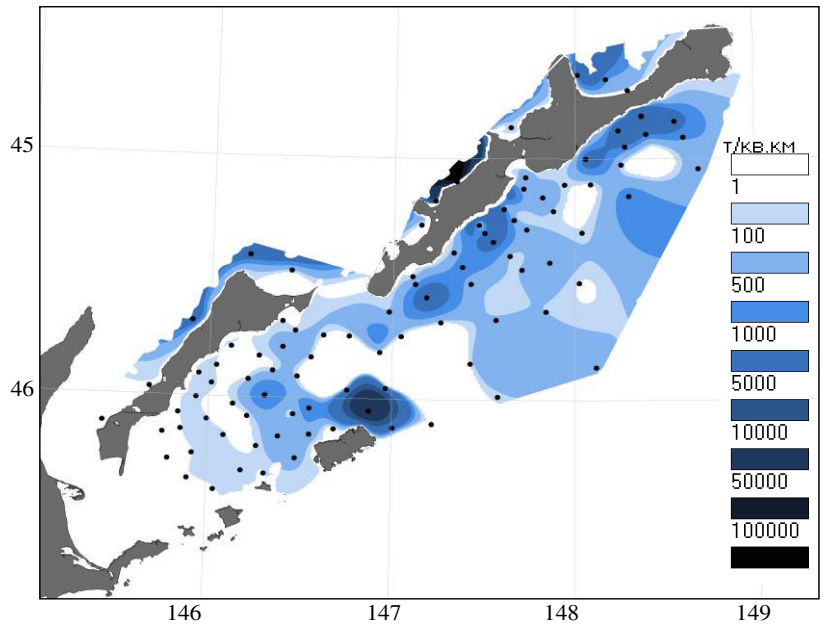


Рис. 88. Распределение биомассы трески на шельфе Южных Курил в июле-августе 2018 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Бухоро», кг/км^2

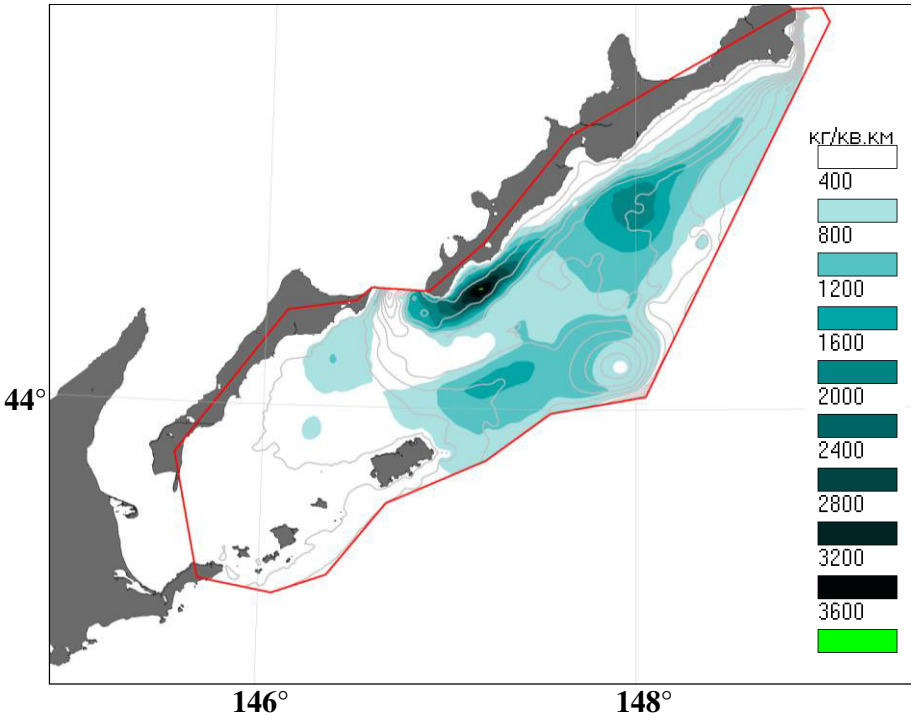


Рис. 89. Распределение биомассы трески на шельфе Южных Курил в ноябре 2019 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов», кг/км^2

По данным выполненной в 2019 г. донной траловой съемки, оценка промысловой биомассы на начало года, с учетом текущего вылова и убыли от естественных причин, составила около 36,5 тыс. т. Это несколько меньше, чем в 2018 г., однако, в целом, величина биомассы на уровне 36,5 тыс. т – четвертый результат на всем историческом ряду наблюдений.

Очередные мониторинговые исследования на шельфе Южных Курил, направленные на оценку запасов донных видов рыб были проведены на

НИС «Дмитрий Песков в октябре 2020 г. При этом, в ходе съемки было учтена максимальная биомасса трески за весь исторический период осуществления подобных работ.

Основные концентрации трески отмечались на обширном участке шельфа (рис. 90), примыкающем с тихоокеанской стороны к юго-западной части о-ва Итуруп, от зал. Касатка вплоть до южно-курильского мелководья. Причем, на самом мелководье, между о-вами Кунашир и Шикотан, скопления трески отсутствовали.

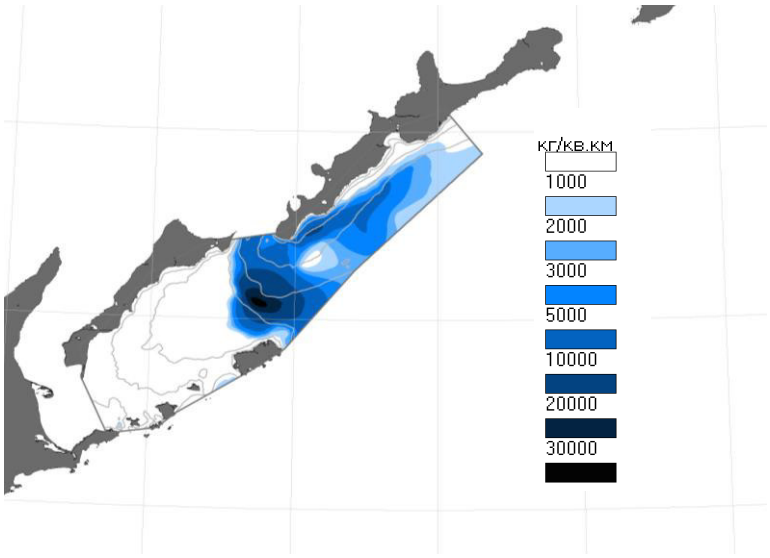


Рис. 90. Распределение биомассы трески на шельфе Южных Курил в октябре 2020 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков», кг/км^2

Наибольшая плотность концентрации, достигавшая 30 т/км^2 отмечалась на участке шельфа, который является продолжением прол. Екатерины, к северу и северо-востоку от о-ва Шикотан.

В уловах доминировали рыбы длиной от 40 до 65 см длиной на долю которых приходилось около 73%. Оценка общей численности трески, учтенной при проведении донной траловой съемки в 2020 г. на шельфе Южных Курил составила 35,5 млн экз., общей биомассы – 78,8 тыс. т. С учетом данных о размерном составе уловов, оценка промысловой биомассы трески на конец октября 2020 г. составила около 76,6 тыс. т, причем около 64,4% этой величины обеспечивали особи генераций 2015-2017 гг. рождения.

Если пересчитать эти данные с помощью когортной процедуры, с учетом естественной смертности и фактического вылова, на начало 2020 г., то оценка промысловой биомассы составила бы около 51,1 тыс. т.

Чтобы понять причины столь резкого роста промысловой биомассы необходимо обратиться к диаграмме, характеризующей динамику возрастного состава трески южно-курильского шельфа в 2018-2020 гг. (рис. 91).

Как можно видеть, в 2020 г. основу промыслового запаса трески формировали особи трех поколений 2015-2017 гг. рождения, доминирование

которых в донных траловых отчетливо прослеживается на протяжении трех последних лет.

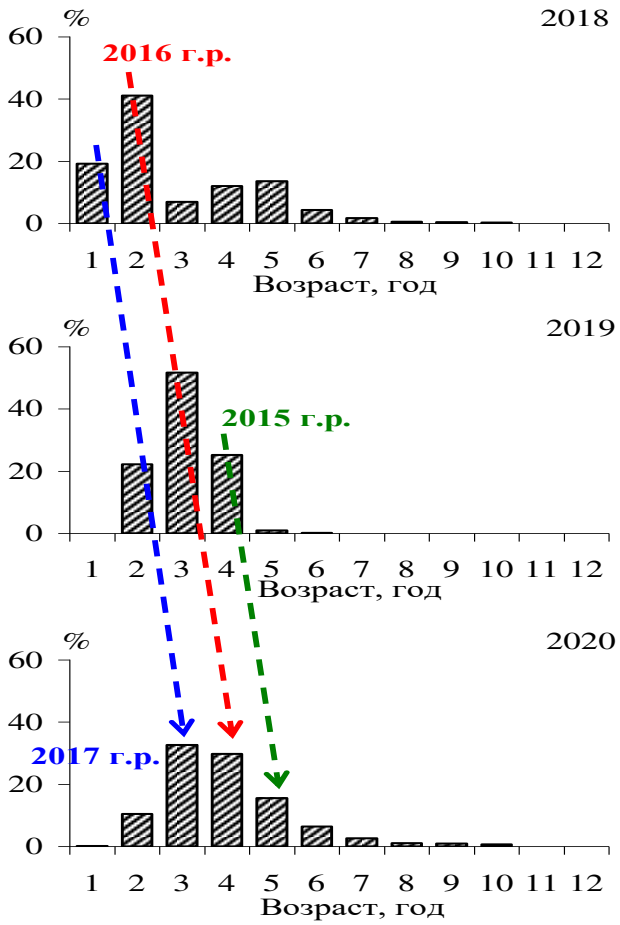


Рис. 91. Возрастной состав уловов трески на шель фе южных Курильских островов по результатам донных траловых съемок 2018-2020 гг.

Оценка численности поколения 2015 и 2017 гг. рождения в возрасте R2, по результатам когортного моделирования в 2023 г. составила около 12,2 и 13,2 млн экз., что, соответственно в 1,8 и 1,9 раза выше среднемноголетних значений.

В результате, к началу 2020-х гг. промысловая биомасса трески Южных Курил достигла уровня 65-75 тыс. т, что было сопоставимо с периодом его максимальных значений в начале 1980-х гг.

Результаты донной траловой съёмки, выполненной на шельфе Южных Курил в августе–сентябре 2025 г. на НИС «Дмитрий Песков» свидетельствуют о том, что пока ожидаемого снижения запасов трески данного района не наблюдается (рис. 92). Напротив, оценки её общей численности и биомассы оказались максимальными за весь исторический период наблюдений и составили 9,7 млн экз. и 23,9 тыс. т при КУ=1,0. С учетом коэффициента уловистости и промысловой и естественной убыли, оценка промысловой биомассы трески Южных Курил на 1 января 2025 г. составила 80,5±2,6 тыс. т. Эта величина используется в дальнейшем анализе и при настройке когортной модели.

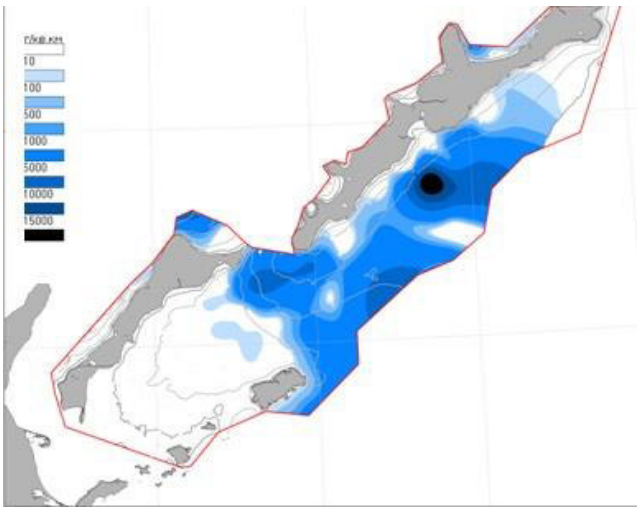


Рис. 92. Распределение биомассы трески на шельфе Южных Курил в августе-сентябре 2025 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков», кг/км^2

В уловах донной траловой съемки доминировали 3-6-и годовалые рыбы длиной 50-75 см на долю которых приходилось около 63% от общей численности уловов. Вклад годовиков (особи генерации 2024 г. рождения) оценивался на уровне 15,2%. С учетом естественной смертности оценка численности пополнения общего запаса особями данного поколения в возрасте R2 в 2026 г. составила 4,29 млн экз., что приближённо в два раза ниже среднемноголетнего уровня. Эта величина используется при прогнозировании состояния запаса трески Южных Курил на 2027 г.

Методы, основанные на промысловых данных. Основными способами добычи трески являются ярусный, траловый и снюрреводный лов, последние подразделяются на два сезона: зимне-весенний и летне-осенний, во время которых облавливают разные части запаса (рис. 93-99).

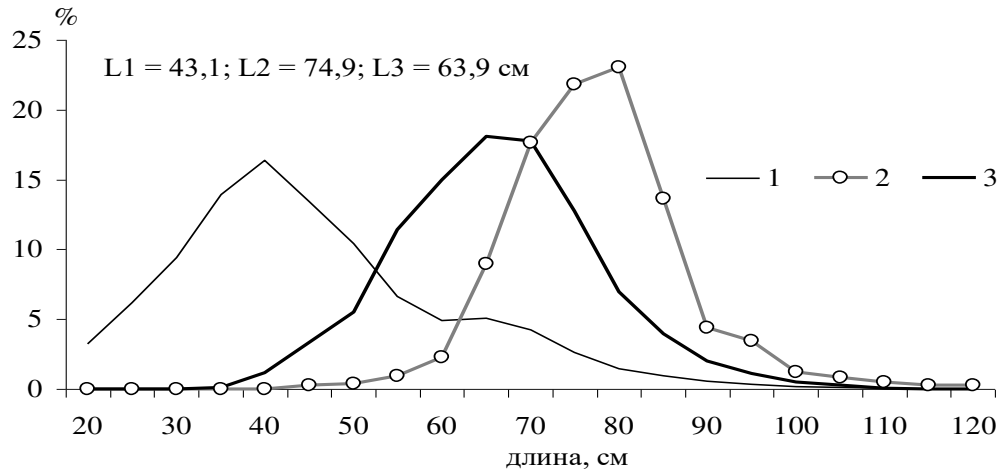


Рис. 93. Среднемноголетний размерный состав трески в промысловых уловах. 1 – донные тралы (лето-осень), 2 – донные тралы (преднерестовый период, февраль–март); 3–донный ярус. Указана средняя длина особей в уловах

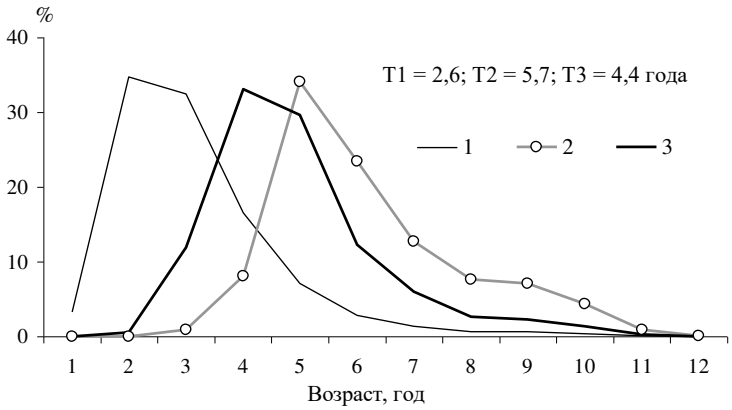


Рис. 94. Среднемноголетний возрастной состав трески в промысловых уловах. 1 – донные тралы (лето-осень), 2 – донные тралы (преднерестовый период, февраль–март); 3 – донный ярус. Указан средний возраст особей в уловах

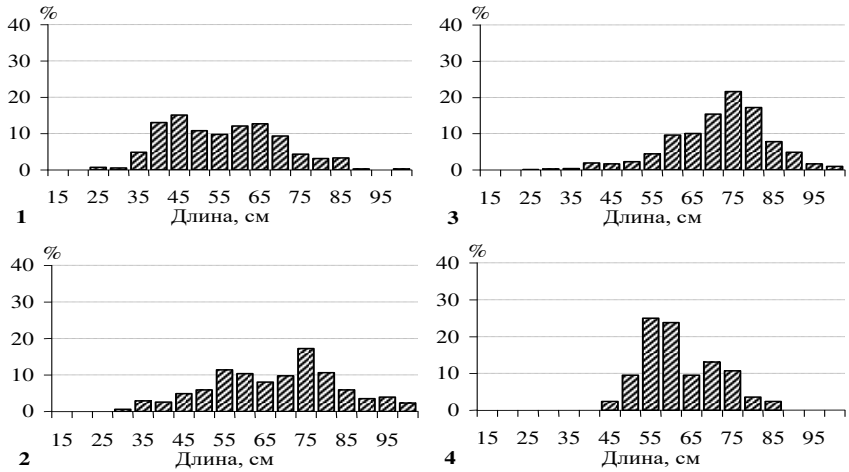


Рис. 95. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе Южных Курильских островов в 2020 г. 1 – донная траловая съемка, октябрь; 2 – снюрреводы, январь-апрель; 3 – тралы, тихоокеанский шельф, январь-апрель; 4 – тралы, охотоморский шельф, январь-апрель

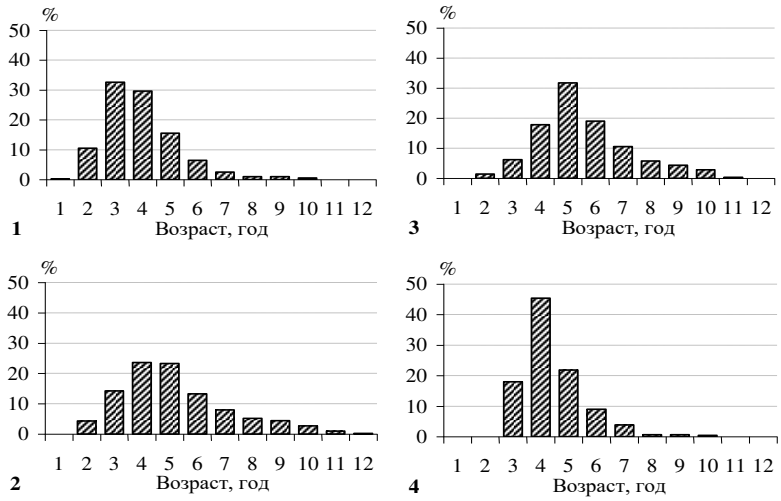


Рис. 96. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2020 г. 1 – донная траловая съемка, октябрь; 2 – снюрреводы, январь-апрель; 3 – тралы, тихоокеанский шельф, январь-апрель; 4 – тралы, охотоморский шельф, январь-апрель

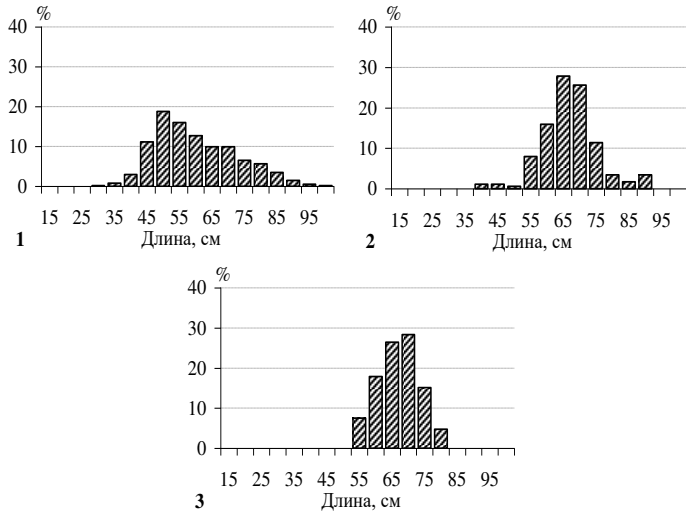


Рис. 97. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2021 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, июль-август

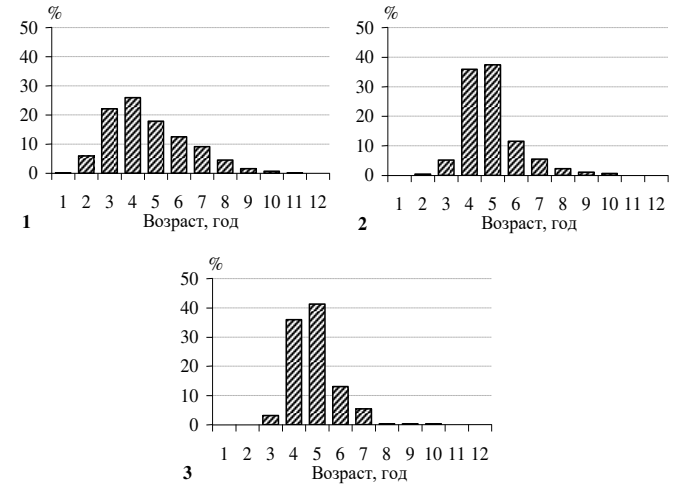


Рис. 98. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2021 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, июль-август

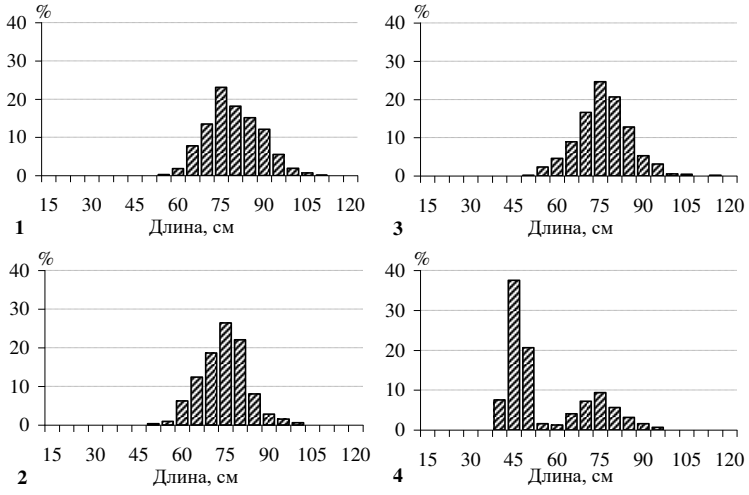


Рис. 99. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2022 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, январь-апрель; 4 – тралы, июль-август

При промысле донным ярусом основу уловов составляют рыбы длиной 60–80 см длиной и возрастом 4–5 лет, на долю которых приходится более 40% по численности. Прилов тихоокеанской трески, при летнем траловом промысле других объектов, обычно представлен особями длиной 35–50 см, на долю которых приходится более половины уловов.

Наблюдения на весеннем специализированном траловом промысле трески в 2013–2015 и в 2017 гг., показали, что в уловах доминировали 5–6 летние рыбы, длиной 70–80 см, доля которых по численности составляла около 60-70%. Прилов молоди при этом отсутствовал.

С 2019 г., с организацией «ТИНРО» на о-ве Шикотан постоянного пункта научных исследований НИС «Океаническая», появилась возможность постоянного мониторинга размерно-возрастного состава трески из промысловых уловов.

В 2021 г. в весенний период в снюрреводных уловах трески на шельфе Южных Курил доминировали 3-5-и годовики длиной 45-60 см (рис. 97-98), на долю которых приходилось около 60-65% от общей численности. Средняя длина рыб составила 57,5 см, средний возраст – 4,2 года.

Летом 2021 г. основу уловов, как при специализированном промысле трески снюрреводами, так и в прилове при добыче минтая пелагическими тралами, составляли более крупные особи генераций 2016-2017 гг. рождения, т.е. 4-5-и годовики, на долю которых приходилось более 73% от общей численности. Средняя длина и возраст трески в уловах этими двумя орудиями была сопоставима и составила 64,5 см и 4,4 года, соответственно.

Как и ожидалось, в 2022 г. в снюрреводных и траловых (зимних) уловах доминировали особи 2015-2017 гг. рождения (5-7 годовики). В период с января по март основу траловых и снюрреводных уловов составляли 6-и и 7-и годовики (рис. 99, 100), на долю которых приходилось около половины от общей численности уловов – 48,3 и 49,9%, соответственно.

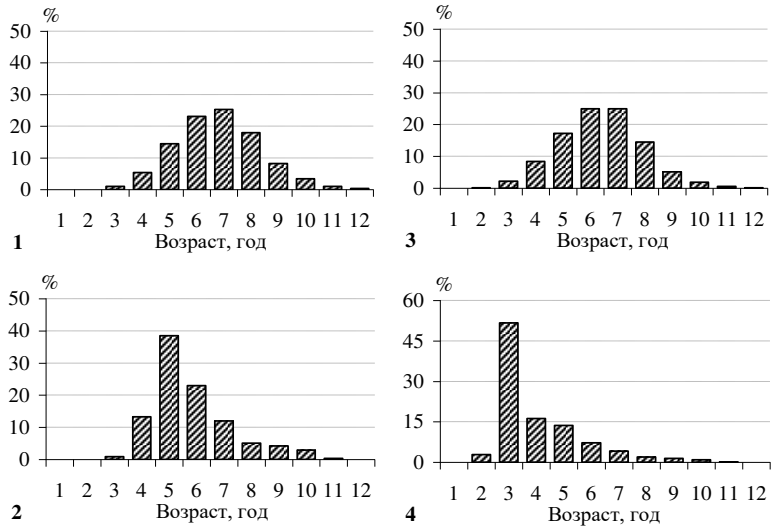


Рис. 100. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2022 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, январь-апрель; 4 – тралы, июль-август

В летний же период в снюрреводных уловах доминировали 5-и и 6-годовики на долю которых приходилось около 61,4%, и лишь в прилове трески пелагическими тралами при промысле минтая основной возрастной группой были 3-х годовики, поколения 2019 г. рождения, вклад которых составлял 51,6%.

В 2023 г. основу снюрреводных уловов в период с января по апрель составляли 6-8 годовалые рыбы, поколений 2015-2017 гг. рождения, длиной 75-85 см, на долю которых приходилось около 50,5% по численности (рис. 101, 102). В траловых уловах в эти же месяцы доминировали 6-7-и годовики, длиной 70-80 см, чей суммарный вклад оценивался на уровне 69,7%.

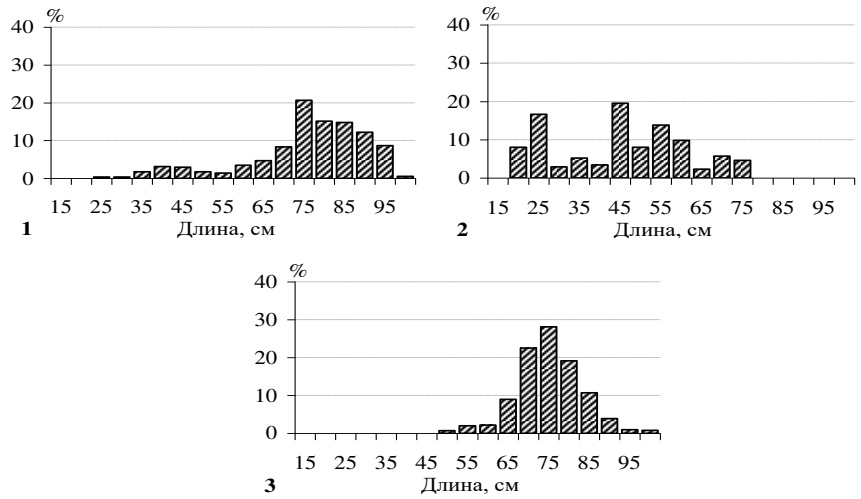


Рис. 101. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2023 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – май-июнь; 3 – тралы, январь-апрель

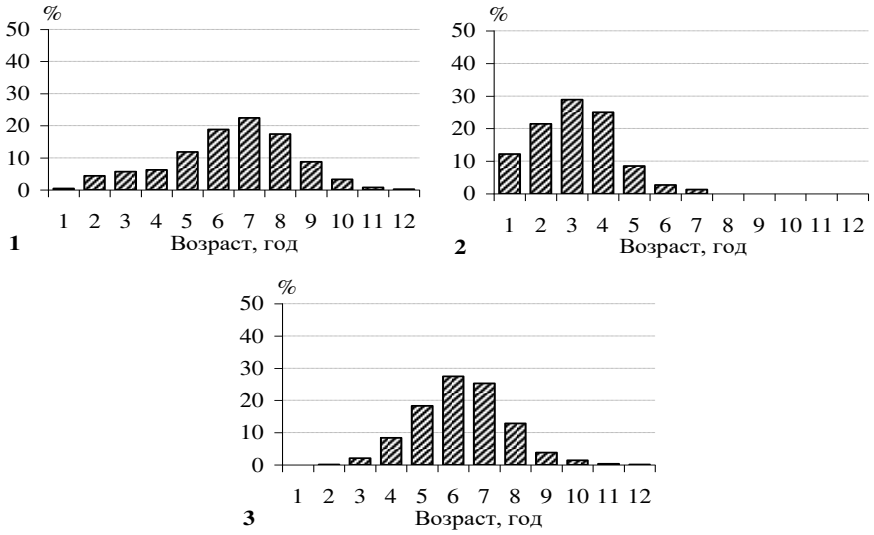


Рис. 102. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2023 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – май-июнь; 3 – тралы, январь-апрель

В относительно непродолжительный период наблюдений за снюрреводным составом уловов трески, в мае-июне 2023 г., отмечалось значительной количество молоди длиной до 40 см, на долю которых приходилось около одной трети по численности.

Эти особи могут быть ассоциированы с генерациями 2020-2022 гг. рождения, и, возможно, факт их повышенного присутствия в промысловых уловах, пусть и в непродолжительный период, может свидетельствовать о повышенной урожайности этих поколений.

В 2024 г. основу снюрреводных и траловых уловов в период с января по апрель составляли 6-8-и годовалые рыбы, поколений 2016-2018 гг. рождения, длиной 75-85 см, на долю которых приходилось 56% и 69% по численности, соответственно (рис. 103-104).

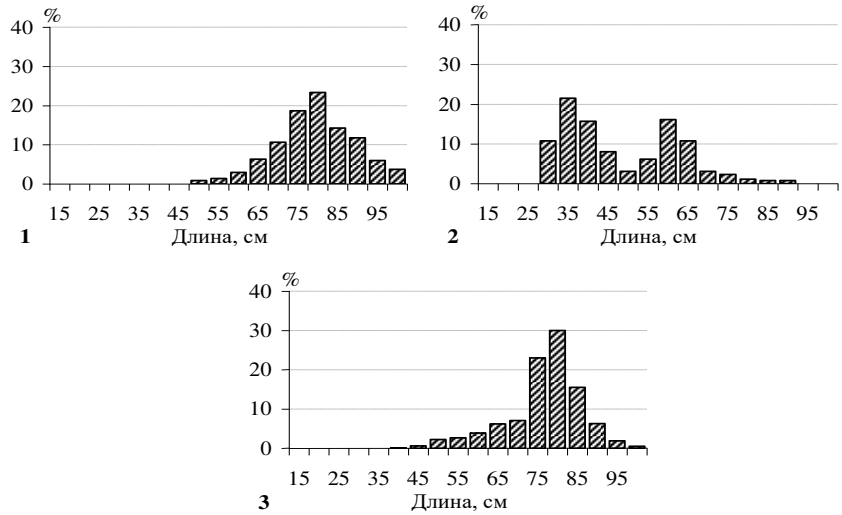


Рис. 103. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2024 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – июнь; 3 – тралы, январь-апрель

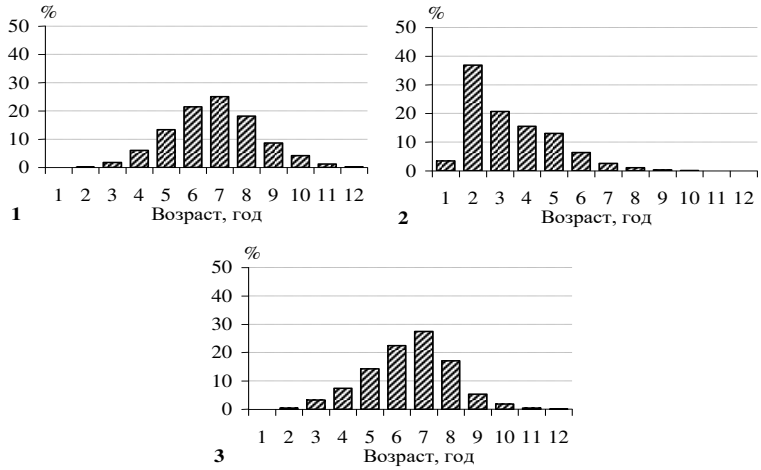


Рис. 104. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2024 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – июнь; 3 – тралы, январь-апрель

В 2025 г. не было выявлено существенных различий в размерно-возрастном составе уловов тралами и снюрреводами в весенний период и тралами – в летний, во всех случаях доминировали особи длиной 70-85 см

возрастом 5-7 лет, на долю которых приходилось 60-70% уловов по численности (рис. 105-106). В летних снюрреводных уловах традиционно облавливались и более мелкие особи размером 45-55 см (39%), однако было много и крупных рыб длиной 65-75 см (35%). Доминирующими возрастными группами были 3-6 годовики (73%).

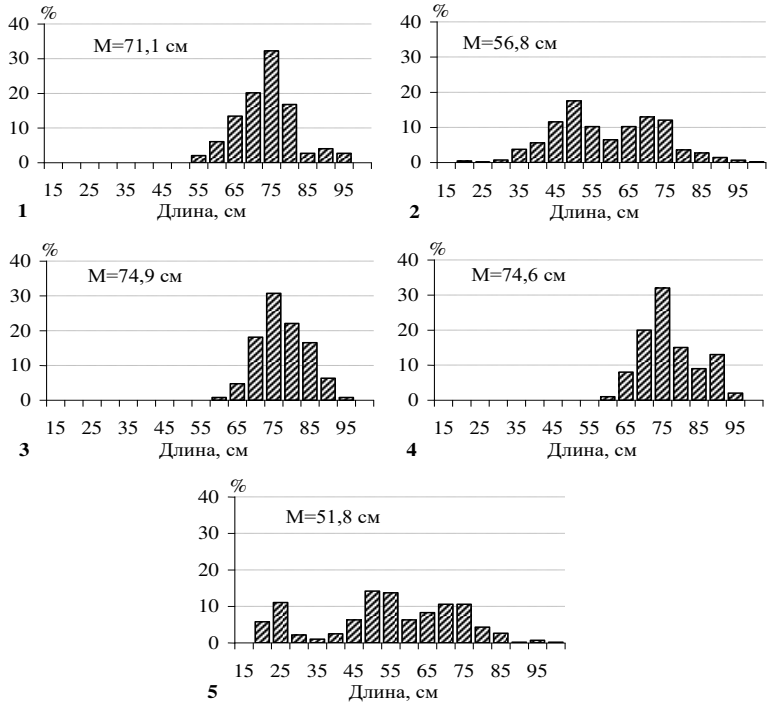


Рис. 105. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2025 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – май-август; 3 – тралы, январь-апрель, 4 – июль; 5 – донный трал, траловая съемка на НИС «Дмитрий Песков»

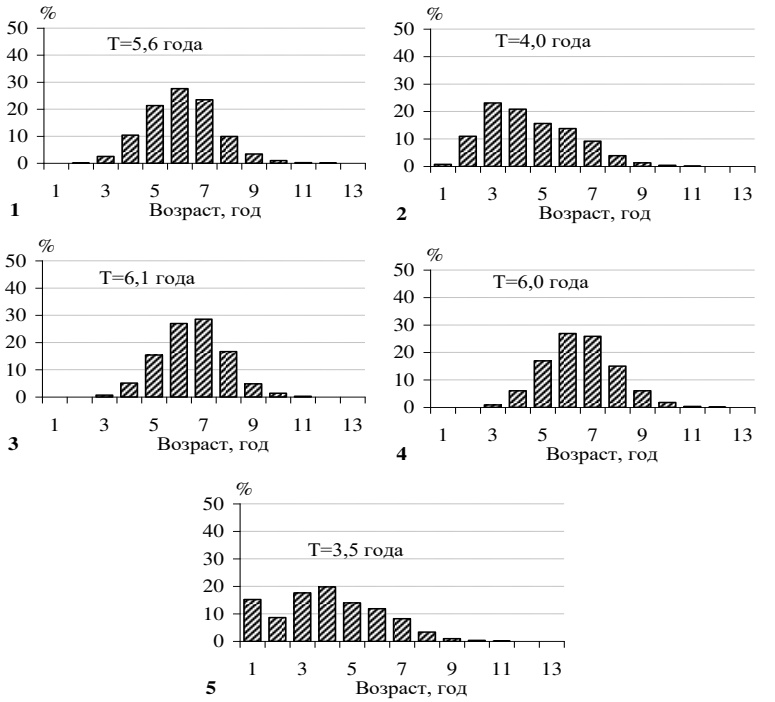


Рис. 106. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских островов в 2025 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – май-август; 3 – тралы, январь-апрель, 4 – июль; 5 – донный трал, траловая съемка на НИС «Дмитрий Песков»

Формирование исходной матрицы уловов трески Южных Курил по возрастам, необходимой в качестве входной информации для модельных оценок ВПА, производили с учетом различий в возрастном составе уловов для четырех, перечисленных выше, сегментов промысла, на основе вклада в годовые уловы каждого из них. Снюрреводный сегмент промысла в летний период был введен нами в расчеты, начиная с 2018 г.

В случае отсутствия данных наблюдений по возрастному составу для какого-либо из видов промысла, их заменяли среднемноголетними значениями. В расчеты включены возрастные группы от 2 до 12 полных лет и ряд наблюдений от 1981 до 2025 г. включительно.

Кроме того, в качестве исходной информации использованы:

– среднемноголетние значения массы (рис. 107), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанных по данным полных биологических анализов (ПБА);

– мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

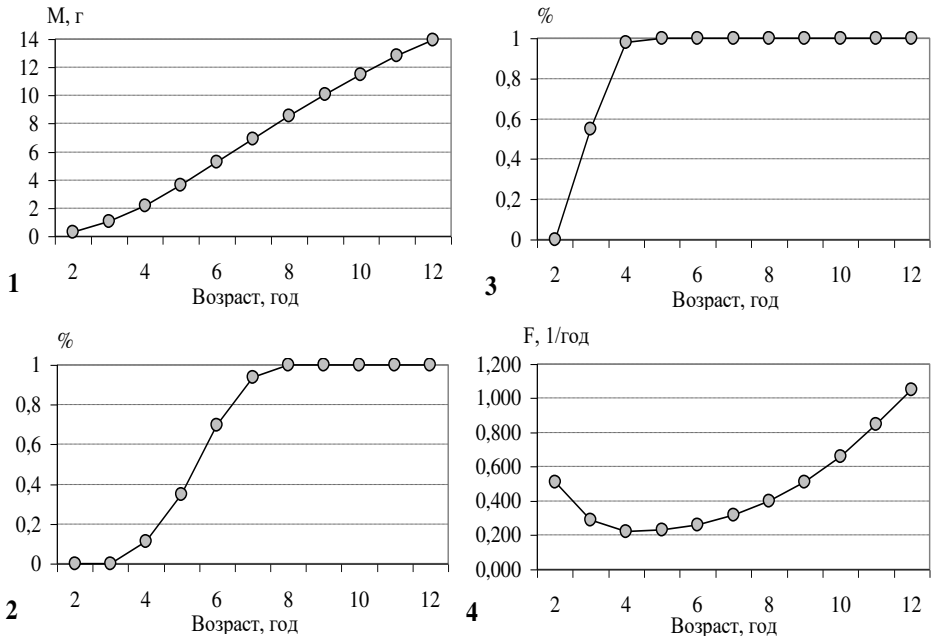


Рис. 107. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы трески южных Курильских островов по ВПА. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера (более 45 см по АС), 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB) и промысловой (FSB) биомассы тихоокеанской трески Южных Курил по данным модельных расчетов представлена на рисунках 108, 109. Как можно видеть, после периода высокого уровня запасов в первой половине 1980-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, нерестовая биомасса популяции постепенно снижалась и к 1993–1995 гг. достигла минимума, после чего до начала 2000-х находилась на низком уровне.

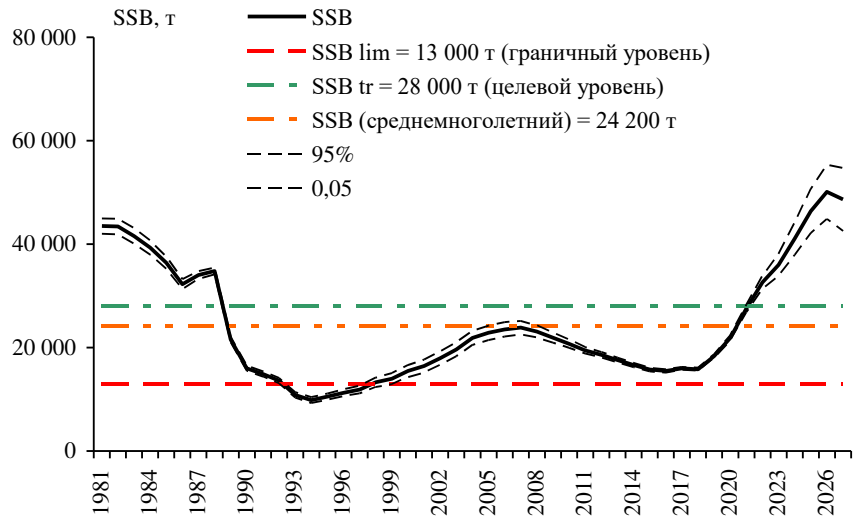


Рис. 108. Многолетняя динамика нерестовой биомассы трески южных Курильских островов по результатам ВПА. Приведены граничный и целевой ориентиры управления. На 2026-2027 гг. указаны прогнозные значения

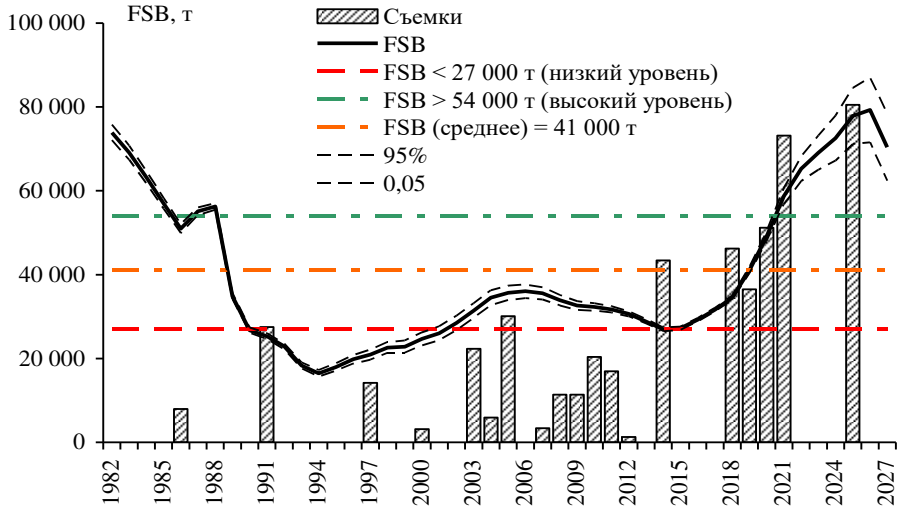


Рис. 109. Многолетняя динамика промысловой биомассы трески Южных Курил по результатам ВПА в сопоставлении с данными съемок. Оценки промысловой биомассы по данным траловых съемок приведены к расчетам ВПА на начало года, с учетом промысла и убыли от естественных причин. На 2026-2027 гг. указаны прогнозные значения

Ограничение японского промысла, направленного преимущественно на облов преднерестовых скоплений, очевидно, благотворно сказалось на запасах южнокурильской трески, и с начала 2000-х гг. наблюдается постепенный рост ее ресурсов. В 2010-2018 гг. запасы тихоокеанской трески находились выше границы между низким и средним уровнем. В связи с постепенным вступлением в промысловый запас ряда высокоурожайных генераций, величина промысловой биомассы в 2019-2020 гг. впервые после 1980-х гг. достигла высокого уровня запаса. Как можно видеть, данные прямых наблюдений, в целом, сходным образом отражают тенденции в динамике биомассы тихоокеанской трески Южных Курил.

Как известно, периоды высокой численности тихоокеанской трески не являются продолжительными. В настоящий момент в распоряжении специалистов «ТИНРО» отсутствуют объективные данные о наличии в популяции трески Южных Курил поколений повышенной урожайности в 2023-2025 гг. Поэтому начиная с 2026 г. ожидается снижение промыслового и нерестового запаса. Однако и прогнозируемый со снижением уровень промысловой и нерестовой биомассы на ближайшие несколько лет будет высоким, что позволяет осуществлять промысел трески Южных Курил без дополнительных ограничений.

Оценки нерестовой и промысловой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил на 2025 г., полученные по данным ВПА, и используемые нами в дальнейших расчетах, составили 46,4±4,3 и 77,9±6,7 тыс. т соответственно. Эти величины используются при дальнейшем прогнозе состояния ее запаса и оценке ОДУ на 2027 г.

В заключение данного раздела, для сравнения, приведем примеры ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил выполненных в 2023 г. с использованием двух разных моделей: ВПА и «Синтез», при одинаковой входной информации (рис. 110).

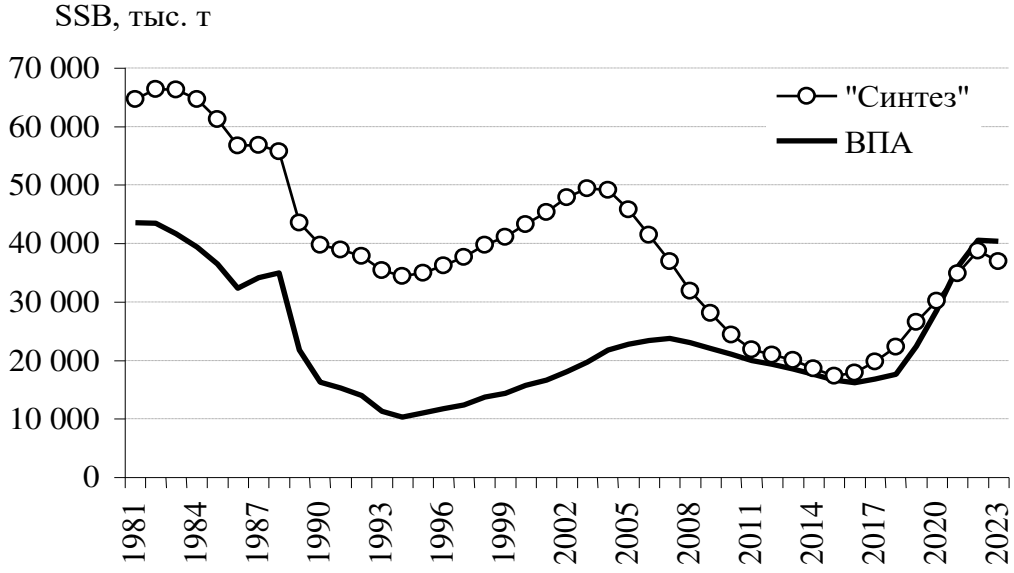


Рис. 110. Пример ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил в 2023 г. с использованием моделей ВПА и «Синтез», при идентичной входной информации

Как можно видеть, при соответствующей настройке параметров селективности в рамках модели «Синтез», оба метода на двадцатилетнем периоде близком к терминальному году дают сходные оценки нерестовой биомассы, да и в целом, сопоставимым образом характеризуют черты динамики запасов в многолетнем аспекте. Однако, по соображениям, приведенным в разделе «Обоснование выбора методов оценки запаса», в качестве базового метода расчетов, в рамках настоящего обоснования, сохранен ВПА.

Прогнозирование состояния запаса

Ключевую роль при прогнозировании состояния запасов промысловых объектов с некоторой заблаговременностью играет оценка пополнения. Довольно часто для этих целей используются «запас-пополнение» в формулировке Рикера или Бивертона-Холта [Рикер, 1979]. Однако, для тихоокеанской трески, у которой урожайность смежных поколений, при сходных величинах нерестового запаса, может отличаться несколько порядков, данный метод малоэффективен.

Поэтому для оценки возможного пополнения была построена марковская матрица вероятности [Хилборн, Уолтерс, 2001], для чего результаты расчетов ВПА в парах «нерестовый запас-пополнение R2» были разбиты на интервалы с высоким, средним и низким уровнем и были подсчитаны доли по времени нахождения нерестового запаса и продуцируемого пополнения в каждом из интервалов. Всего было проанализировано 35 пар «SSB-R2» (период с 1981 по 2015 гг.).

В результате была рассчитана вероятность появления поколения трески определенной урожайности при том, или ином, уровне нерестового запаса, результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15

Таблица вероятности для пополнения (R2) трески Южных Курил

Биомасса нерестового запаса SSB, тыс. т	**Численность пополнения (R2), млн рыб.**		
	Низкий уровень R2≤ 4,4	**Средний уровень 4,4 <R2≤ 8,8**	**Высокий уровень 8,8 < R2**
Низкий уровень SSB ≤ 16,7	55,6% (n=5) 4,2±0,2 млн рыб	44,4% (n=4) 5,3±0,6 млн рыб	–
Средний уровень 16,7 < SSB ≤ 33,4	15,8% (n=3) 4,3±0,3 млн рыб	73,7% (n=14) 7,0±0,6 млн рыб	10,5% (n=2) 10,2±2,4 млн рыб
Высокий уровень 33,4 < SSB	–	37,5% (n=3) 5,9±1,1 млн рыб	62,5% (n=5) 11,5±0,6 млн рыб

Примечание: В таблице указаны: над чертой – вероятность появления поколения с данным уровнем численности; в скобках – число результатов пересечения «SSB – R2», для данного интервала; под чертой – средняя численность пополнения с учетом 95%-ого доверительного интервала

Если принять во внимание, что, по результатам оценок ВПА величина нерестового запаса трески Южных Курил оценивалась на высоком уровне, то, с вероятностью 63%, можно ожидать, что величина пополнения в возрасте R2 в 2027 г. составит 11,5 млн экз., соответственно. Численность пополнения в возрасте R2 в 2026 г. (поколение 2024 г.) определена по результатам донной траловой съёмки с учетом естественной смертности на уровне 4,29 млн экз., что ниже среднемноголетнего уровня. Эти величины и заложены в прогноз.

Расчет промыслового изъятия в 2025 г. по возрастным группам проводили с учетом средних коэффициентов возрастной селективности, рассчитанных по результатам ретроспективных оценок ВПА. Окончательная

оценка численности и биомассы тихоокеанской трески на 2026-2027 гг. выполнена с помощью обращенной вперед когортной процедуры, с учетом предположений, описанных выше, и коэффициентов естественной смертности, представленных на рисунке 107.

Как можно видеть (табл. 16, рис. 108), ожидается, что к 2027 г. промысловая и нерестовая биомасса составят около 70,4±8,0 тыс. т, нерестовая – 47,4±6,1 тыс. т, что соответствует области максимально интенсивной эксплуатации. Это выше и среднемноголетнего уровня и целевого ориентира управления (рис. 108, 109) и позволяет осуществлять промысел без дополнительных ограничений.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Оценка ОДУ тихоокеанской трески Южных Курил была выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносится суждение о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации. Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески Южных Курил.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе SSB_lim считаем целесообразным принять ее минимальное значение на всем историческом периоде наблюдений, с учетом верхней границы 95%-доверительного интервала эта величина составляет 13,0 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума. Поскольку даже в такие периоды, необходимо резервировать некоторую часть ресурсов для сбора научной и промысловой биостатистики, оценим допустимый уровень изъятия в этом случае в 10% от целевого ориентира по промысловой смертности.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности F_{lim}, определяющего рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, взят параметр F_{msy}=0,57, определенный по кривой улова на рекрута (рис. 111), или в терминах коэффициента эксплуатации U=43%. Данный подход допустим [Бабаян, 2000].

Таблица 16

Прогноз численности и промысловой биомассы трески Южно-Курильской зоны в 2027 г.

Показатель	Возраст, лет											Вылов, т
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	
2025												
Численность на начало года, ВПА, тыс. экз.	9112	8728	5746	3425	2972	2246	1070	391	140	35	5,5	8379
Мгновенный коэффициент естественной смертности M, 1/год	0,510	0,290	0,220	0,230	0,260	0,320	0,400	0,510	0,660	0,850	1,050	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности F, 1/год	0,0267	0,072	0,131	0,196	0,151	0,120	0,099	0,157	0,210	0,111	0,110	
Годовой коэффициент выживания с учетом промысла	0,585	0,697	0,704	0,653	0,663	0,644	0,607	0,513	0,419	0,383	0,313	
2026												
Численность на начало года, ВПА, тыс. экз.	4290	5328	6080	4 044	2236	1971	1446	649	201	58	13	12400
Мгновенный коэффициент естественной смертности M, 1/год	0,510	0,290	0,220	0,230	0,260	0,320	0,400	0,510	0,660	0,850	1,050	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности F, 1/год	0,0387	0,104	0,191	0,285	0,219	0,175	0,144	0,229	0,305	0,161	0,161	
Годовой коэффициент выживания с учетом промысла	0,578	0,674	0,663	0,597	0,620	0,610	0,580	0,478	0,381	0,364	0,298	
2027												**Суммарно:**
Численность на начало года, ВПА, тыс. экз.	11500	2478	3593	4032	2416	1385	1202	839	310	77	21	27853
Средняя масса, кг	0,303	1,041	2,192	3,637	5,245	6,906	8,537	10,08	11,51	12,80	13,95	
Доля промысловых рыб, %	0,131	0,716	0,971	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Промысловая биомасса, т	456	1846	7646	14667	12671	9569	10260	8 459	3570	980	297	70419
Доля половозрелых рыб, %	0,000	0,001	0,113	0,350	0,696	0,938	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Нерестовая биомасса, т	0	3	893	5131	8818	8971	10260	8459	3570	980	297	47380

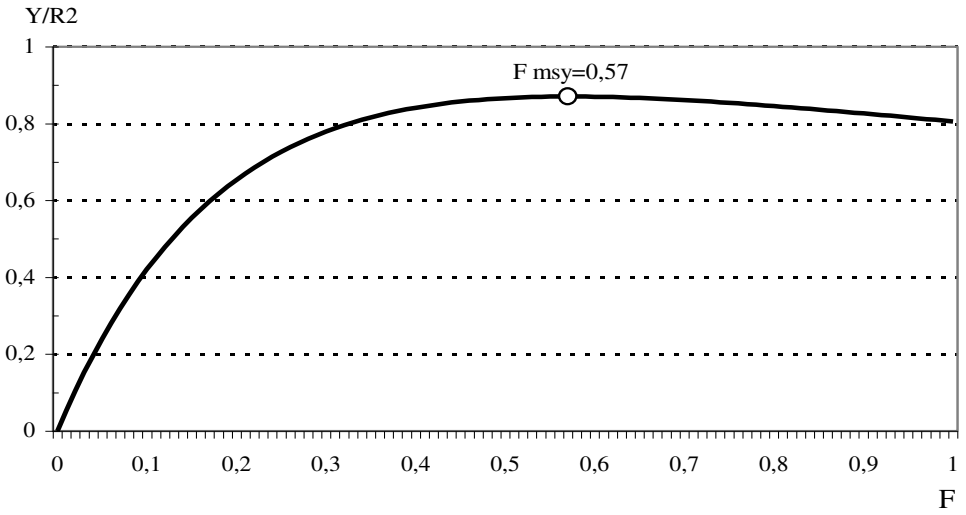


Рис. 111. Зависимость улова на рекрута Y/R2 для трески Южно-Курильской зоны от промысловой смертности F, кг/экз.

Целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} оценили на уровне параметра F_{med} – мгновенного коэффициента промысловой смертности, при котором относительный прирост биомассы нерестового запаса за счет пополнения в половине наблюденных случаев компенсирует его убыль от естественных причин и промысла. Не останавливаясь подробно на методике определения, напомним, что этот параметр оценивается по углу наклона прямой линии разделяющих облако точек «запас–пополнение» пополам и равновесным зависимостям SSB/R (рис. 112) от промысловой смертности F [Бабаян, 2000].

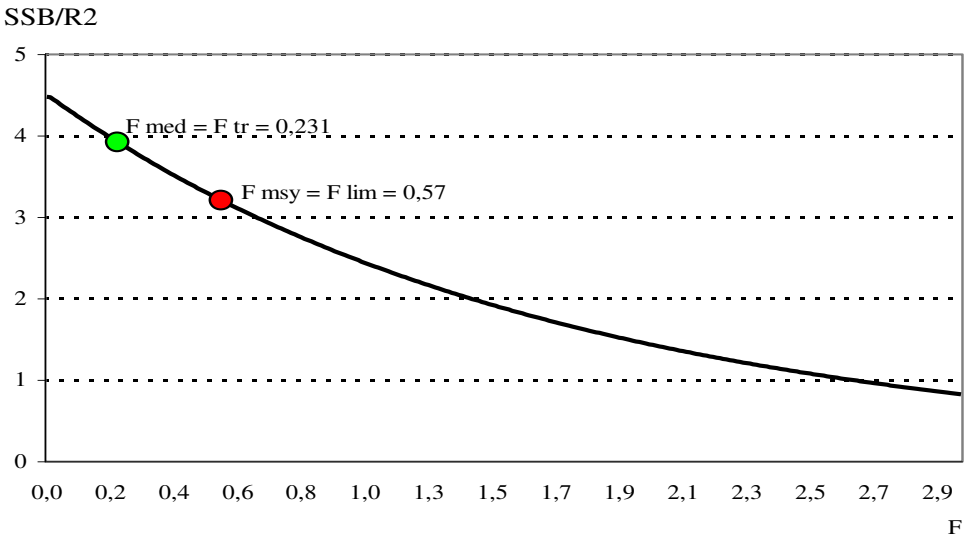


Рис. 112. Зависимость нерестовой биомассы на рекрута SSB/R2 для трески Южно-Курильской зоны от промысловой смертности F, кг/экз.

Согласно нашим расчетам величина F_{med} для тихоокеанской трески Южных Курил составляет 0,231 1/год. Или, в терминах коэффициента эксплуатации, U tr=20,6 ≈ 21%. Тогда величина, резервируемая для НИР при снижении нерестовой биомассы ниже граничного ориентира составляет U_0=0,1*21% ≈ 2%.

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr}, при превышении которого возможно максимальное изъятие, определим, как произведение значения SSB/R=3,925, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{med}, на среднюю величину пополнения в возрасте 2 года (R2) = 7,1 млн экз.

Иными словами, предлагается устанавливать максимальный уровень изъятия только при такой численности производителей, которая обеспечивает 50%-ую вероятность возобновления потерь запаса за счет рекрутов. Таким образом, SSB_{tr} = 3,925*7,1≈ 28,0 тыс. т.

Уровень изъятия тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в области между граничным и целевым ориентиром по нерестовой биомассе задается линией y=k*x+b в явном виде. Итоговая схема регулирования промысла, в терминах коэффициента эксплуатации представлена на рисунке 113.

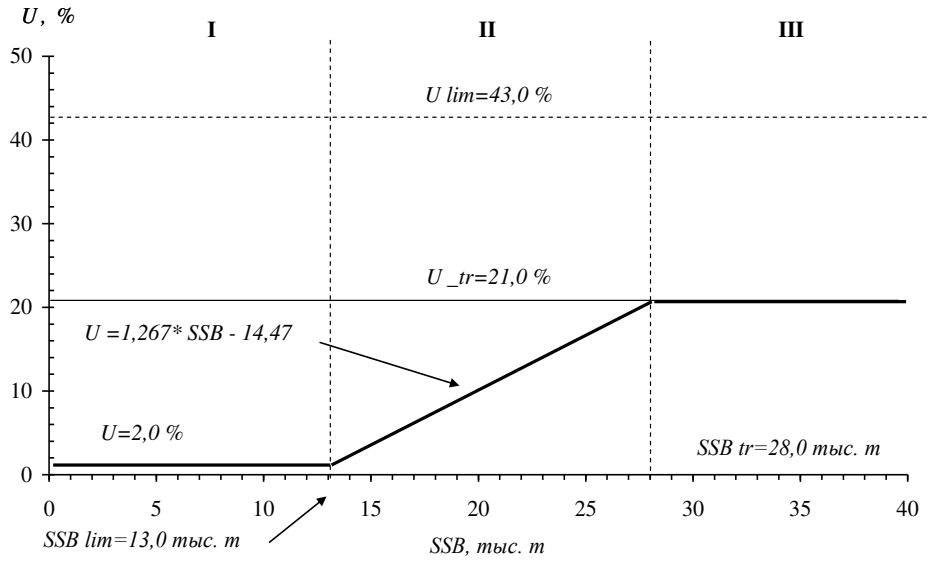


Рис. 113. Схема регулирования промысла трески Южных Курил. **I** – зона «переловленного» запаса, максимальное ограничение промысла, **II** – зона восстановления запаса, **III** – зона максимальной интенсивности промысла

В аналитической форме правило регулирования промысла (ПРП) трески Южно-Курильской зоны имеет вид:

$$\left.\begin{array}{c} u = 2{,}0\%, \quad при \quad SSB \le 13{,}0\, тыс\, т \\ u = 1{,}267 \cdot SSB - 14{,}47, \quad при \quad 13{,}0\, тыс\, т < SSB \le 28{,}0\, тыс\, т \\ u = 21{,}0\% \quad при \quad SSB > 28{,}0\, тыс\, т \end{array}\right\},$$

где SSB – нерестовая биомасса, u – коэффициент эксплуатации.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ. Анализ и диагностика полученных результатов

Согласно расчетам прогнозируемый уровень нерестовой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил на 2027 г. составляет 47,4 тыс. т, что соответствует области максимальной интенсивности эксплуатации. Исходя из принятого ПРП рекомендуемый уровень промыслового изъятия на 2027 г. составит u = 21,0%.

При прогнозируемой величине промысловой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил на 2027 г. равной 70,4 тыс. т, рекомендованный объем изъятия мог бы составить 70,4*0,21=14,78 ≈ 14,8 тыс. т. Однако принимая во внимание значительную неопределенность при оценке численности поколений, вступающих в промысловый запас на прогнозный период, и предполагая ближайшее снижение численности, полагаем целесообразным ориентироваться на оценку промысловой биомассы, взятую с учётом нижней границы интервала доверительной вероятности (рис. 108, 109). В этом случае оценка допустимого изъятия составляет 62,4 тыс. т*0,21 ≈ 13,1 тыс. т. Эта величина и предлагается к вылову в качестве ОДУ.

Тестируя выбранную стратегию управления промыслом, целью которой является минимизация экологического вреда от эксплуатации и обеспечение максимально возможного изъятия при данном уровне воспроизводства, провели анализ применения выбранного ПРП на перспективу, методами сценарного моделирования (рис. 114).

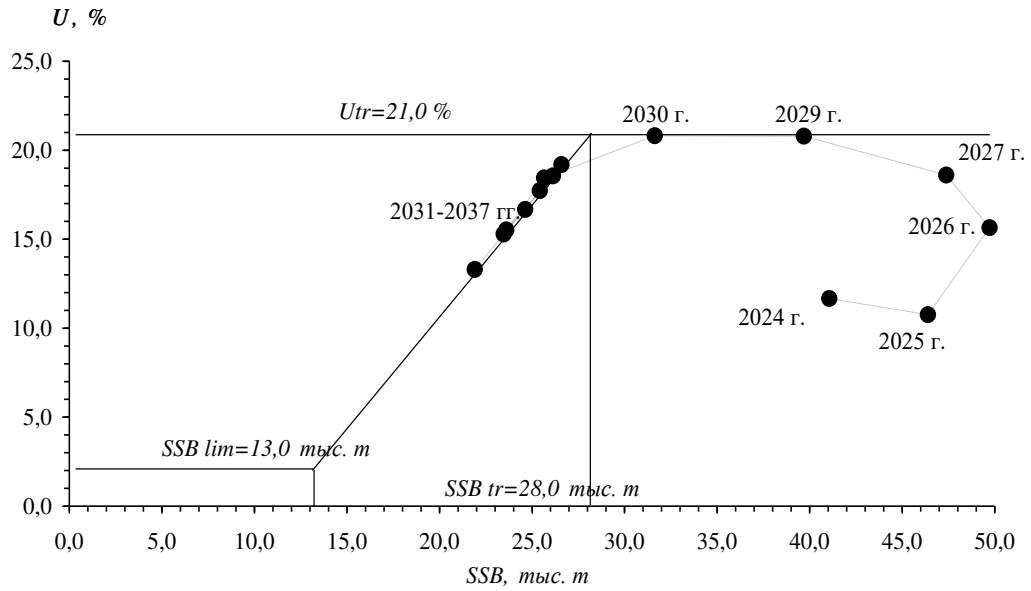


Рис. 114. Результаты тестирования выбранного ПРП трески Южных Курил на 2026–2037 гг.

Для такого вида, как тихоокеанская треска, у которого численность сильно флуктуирует, такая ситуация со стабильным пополнением маловероятна. Тем не менее, подобный анализ дает некоторое представление о том, каким образом будет складываться ситуация при отсутствии в ближайшие годы высокоурожайных поколений.

Вылов определили исходя из сформулированного ПРП. Результаты тестирования представлены на рисунке 114. Как можно видеть, даже при отсутствии в запасе трески Южных Курил в ближайшее десятилетие генераций повышенной численности, текущий уровень запаса позволит до 2029 г. эксплуатировать его с максимальной интенсивностью. После 2029 г. использование предлагаемого ПРП должно удержать запас в зоне восстановления, и не дать ему опуститься ниже SSB_lim.

Также, в рамках оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, связанных с его эксплуатацией, был проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил ниже граничного ориентира (рис. 101, 102) и превышения параметром F граничного ориентира F_{lim}, что иногда ассоциируется с переловом по росту [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовали программное обеспечение «ТАС», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабильном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров в ПО используется метод Монте-Карло.

Вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} (1) и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} (2) на прогнозный 2027 г. не превышает рекомендованного уровня α=0,1 [Бабаян, 2000]. Также были оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира на ближайшее десятилетие, при различных уровнях годовой промысловой смертности (рис. 115).

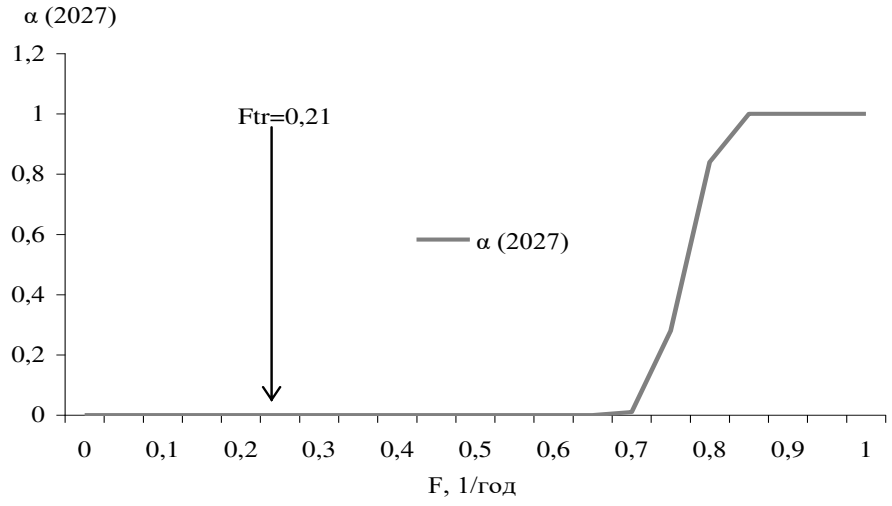


Рис. 115. Вероятность снижения нерестовой биомассы трески южных Курильских островов ниже граничного ориентира SSB $_{\text{lim}}$ =13,0 тыс. т на ближайшее десятилетие при различных уровнях годовой промысловой смертности F

В среднесрочной перспективе риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира также минимален, и, при изъятии на рекомендованном уровне, не превышает допустимого уровня α=0,1).

На рисунке 116 представлены результаты имитационного моделирования динамики нерестового запаса трески Южных Курил. При расчетах оценка пополнения выполнялась на основе данных представленных в таблице 15, а вылова – исходя из предложенного ПРП.

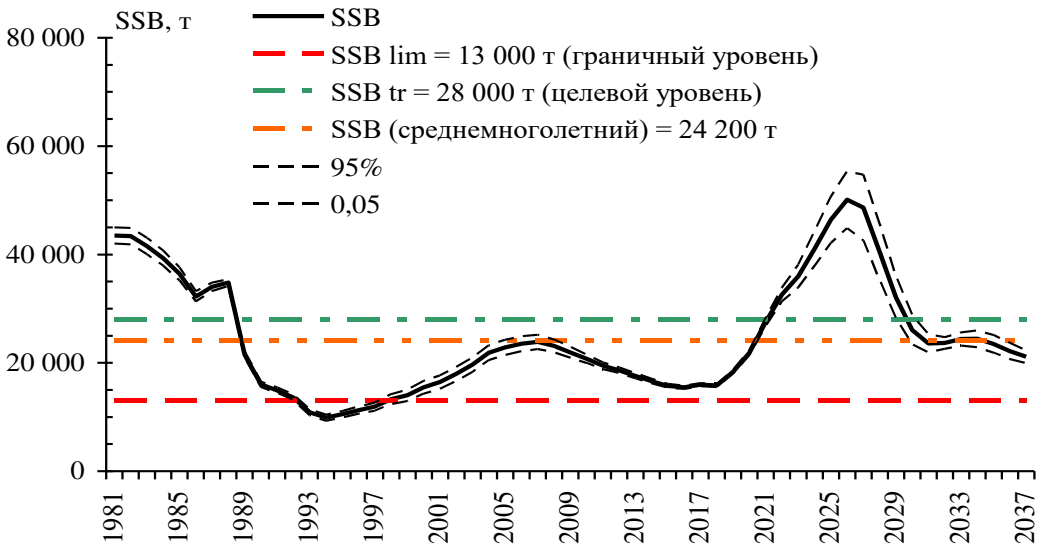


Рис. 116. Результаты имитационного моделирования динамики нерестового запаса трески Южно-Курильской зоны на 2026-2037 гг.

Как можно видеть, соблюдение основных принципов принятой стратегии управления промыслом, даже с учетом тенденций к снижению численности, в ближайшее десятилетие должно удержать запас в области между целевым и граничным ориентиром по нерестовой биомассе.

Таким образом, рекомендуется установить **ОДУ трески в Южно-Курильской зоне в 2027 г.** на уровне **13,100 тыс. т**.

61.05 - Зона Охотское море

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: А.А. Матвеев, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов трески у Западной Камчатки в 2025 г., прогноза состояния запаса и обоснования ОДУ на 2027 г. положены следующие материалы:

— сведения, собранные в январе–марте на тралово-снюрреводном промысле на судах СТР «Мыс Золотой», БМРТ «Министр Ишков», БМРТ «Иртышск» и РКТС «Капитан Колесников» (массовые промеры (МП) — 1743 экз.; полные и специальные анализы (ПБА/СА) — 788 экз.);

— сведения, собранные в январе–феврале на ярусном промысле на судне СЯМ «Калам» (МП — 5877 экз.; ПБА — 118 экз.);

— многолетние промыслово-биостатистические данные, результаты донных траловых съемок с 1971 г.;

— данные об общем вылове трески по оперативной отчётности предприятий (ООП), структуре промысла — судовым суточным донесениям (ССД) и из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Сведения об общем вылове трески в 2012–2024 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для западнокамчатской трески в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1971 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса по данным донных траловых съемок с 1971 г., возрастной состав трески на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, начиная с 2014 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески у Западной Камчатки применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин,

2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp\left(r_{1t} r_{2t} (r_{3t} - a)\right)}{1 - r_{2t}[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))]},$$

где a — возраст рыб, а для параметров r_{kt}, k=1,2,3 используется модель гауссовского случайного блуждания:

$$\ln r_{k\,t} = \ln r_{kt-1} + \varepsilon_{rk,t-1},$$

где $\varepsilon_{rk,t}$ – нормально распределенные некоррелированные во времени белые шумы.

Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = \left[\ln N_{t,2}, \ldots, \ln N_{t,12}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}\right]^T,$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения $y_t = \left[\ln C_{t,2}, \ldots, \ln C_{t,12}, \ln I_t^1, \ln I_t^2\right]^T$.

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1— индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2— индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса западнокамчатской трески предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2), \quad \varepsilon_{r3,t} \sim N(0, \sigma_{r3}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$. Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы $\sum_C$ — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели:

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шум наблюдений для индекса общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

— коэффициент улавливаемости для индекса общей биомассы запаса q_2=1,0.

Для коэффициента естественной смертности трески у Западной Камчатки выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались не информативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Исходные данные для модели следующие:

— матрица вылова (млн экз.) трески западнокамчатского шельфа по возрастам (2–12 лет) и годам (1971–2025 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 2001–2025 гг. отдельно для первой и второй половин года;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 117);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам (рис. 117); фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

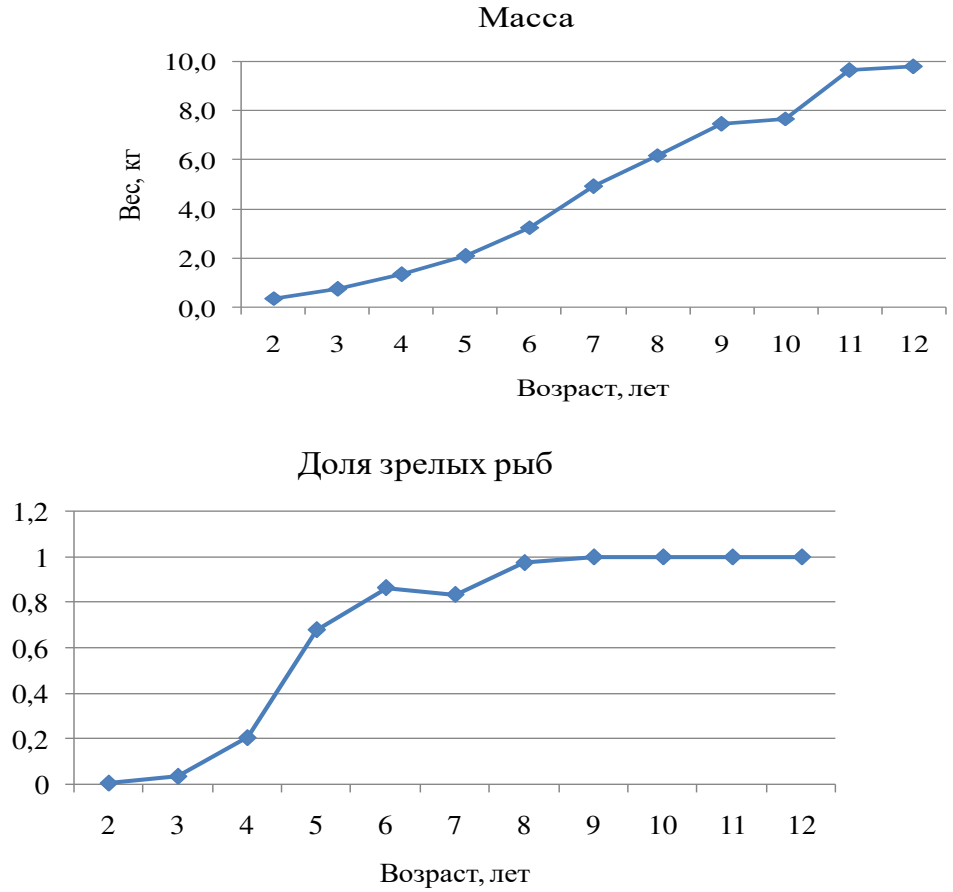


Рис. 117. Исходные данные для модельных расчетов

В качестве настроечных индексов для модели использовали:

— уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) в 2003–2025 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ, ведущих промысел донным ярусом в Камчатско-Курильской подзоне в январе на глубинах 200–250 м (рис. 118). В качестве предикторов выбраны глубина, факторы подзоны, года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R;

— оценки общего запаса трески по результатам донных траловых съемок, выполненных специалистами «ТИНРО» и «КамчатНИРО» в 1971–2020, 2022 и 2024 гг.; результаты съемки 2021 г. в отношении трески признаны недостоверными;

— возрастной состав трески в 2014–2024 гг. на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных у Западной Камчатки. Размеры полигона определяли таким образом, чтобы в него вошло максимальное количество станций. Плотность рыб и величину запасов на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcVeiw Gis 3.3. При оценке запаса коэффициент уловистости принимали за 1.

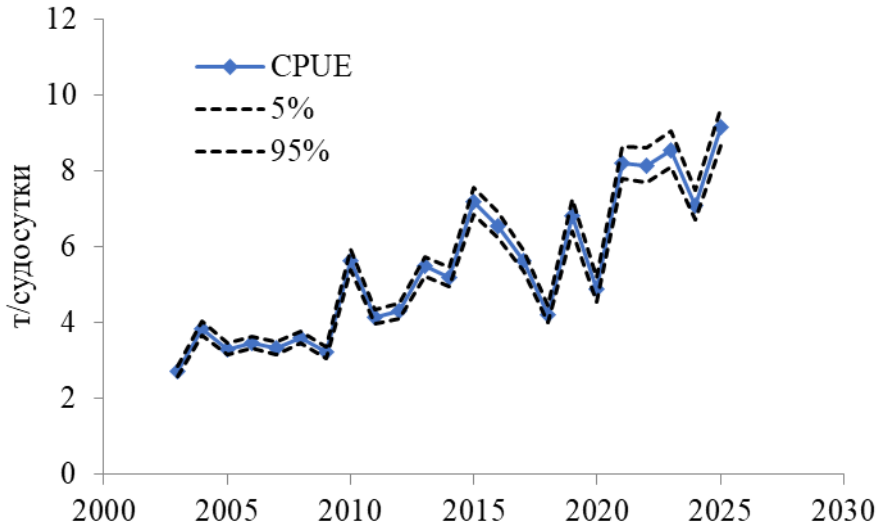


Рис. 118. Межгодовая динамика стандартизованных уловов на усилие трески западнокамчатского шельфа

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Исторически группировка трески у западного побережья Камчатки эксплуатируется как единый запас. Эта точка зрения осталась неизменной и в настоящем прогнозе. В этой связи традиционно оценка запасов и определение вылова выполняется для всей группировки, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между указанными подзонами, исходя из прогнозируемого распределения запаса, особенностей промысла и распределения рыб в течение жизненного цикла.

Состояние запаса. Одним из базовых инструментов оценки состояния запаса западнокамчатской трески являются летние донные траловые съёмки. К сожалению, в 2023 и 2025 гг. учётных работ не проводилось, а в 2021 г. из-за малого количества станций, особенно в Западно-Камчатской подзоне, запас, очевидно, был существенно недоучтен. Результаты этой съемки в отношении трески были признаны нерепрезентативными и в модельных расчетах не использованы.

По результатам донной траловой съемки, выполненной в 2024 г. на западнокамчатском шельфе, наибольшие скопления треска традиционно образовывала в диапазоне глубин 10–100 м, где концентрировалось до 70–80% всей оцененной численности и биомассы данного вида (рис. 119). В межгодовом аспекте средняя плотность трески в 2024 г. по биомассе была примерно сопоставима с показателями 2020 г. Общая биомасса вида в районе исследований составила 128,7 тыс. т, что выше среднемноголетнего (для периода 2015–2024 гг.) значения, равного 96,0 тыс. т (рис. 120).

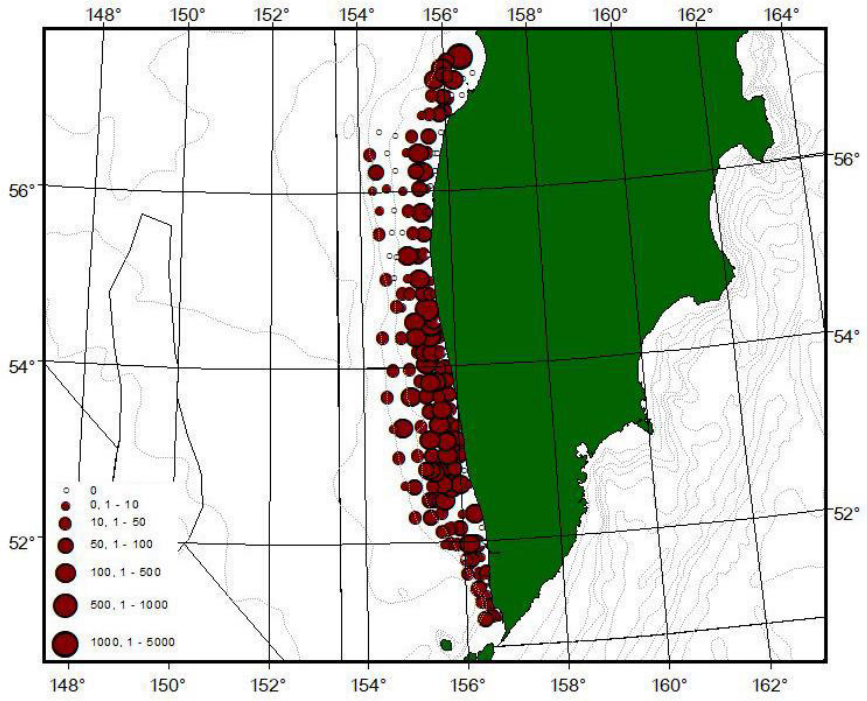


Рис. 119. Пространственное распределение трески по данным донной траловой съемки у западного побережья Камчатки в 2024 г.

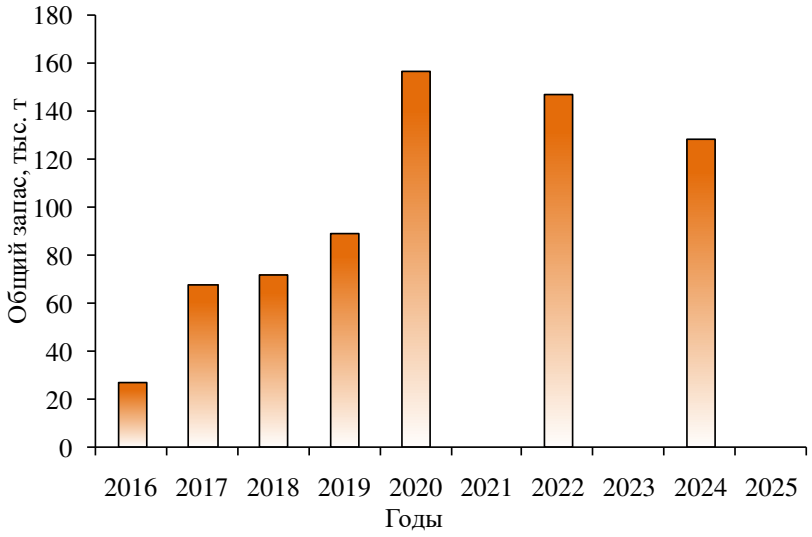


Рис. 120. Межгодовая динамика общего запаса западнокамчатской трески по результатам донных траловых съемок

Размерно-возрастной состав трески на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок представлен на рисунках 121 и 122.

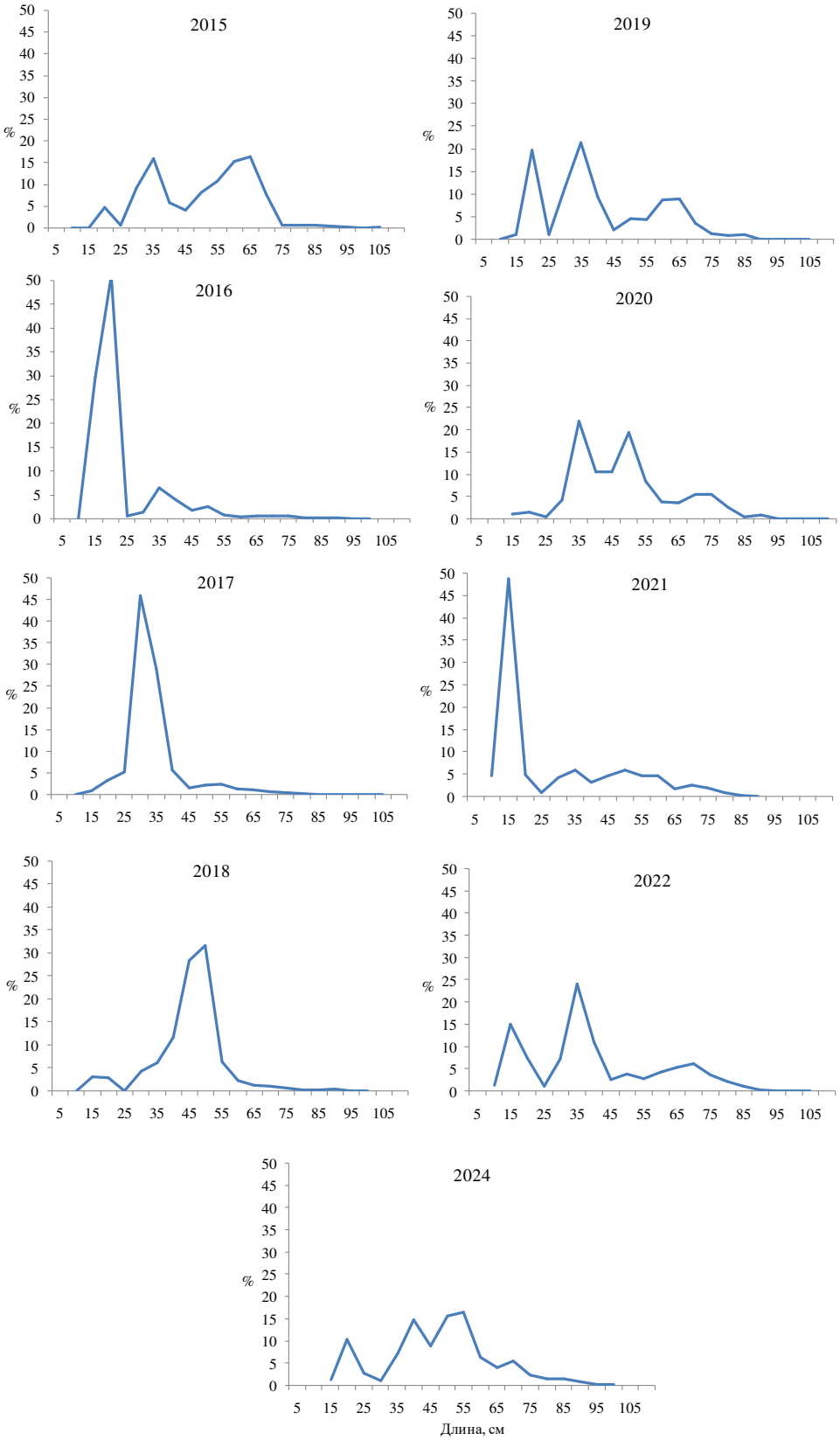


Рис. 121. Межгодовая динамика размерного состава трески у Западной Камчатки на стандартном полигоне, по результатам учетных донных траловых съемок

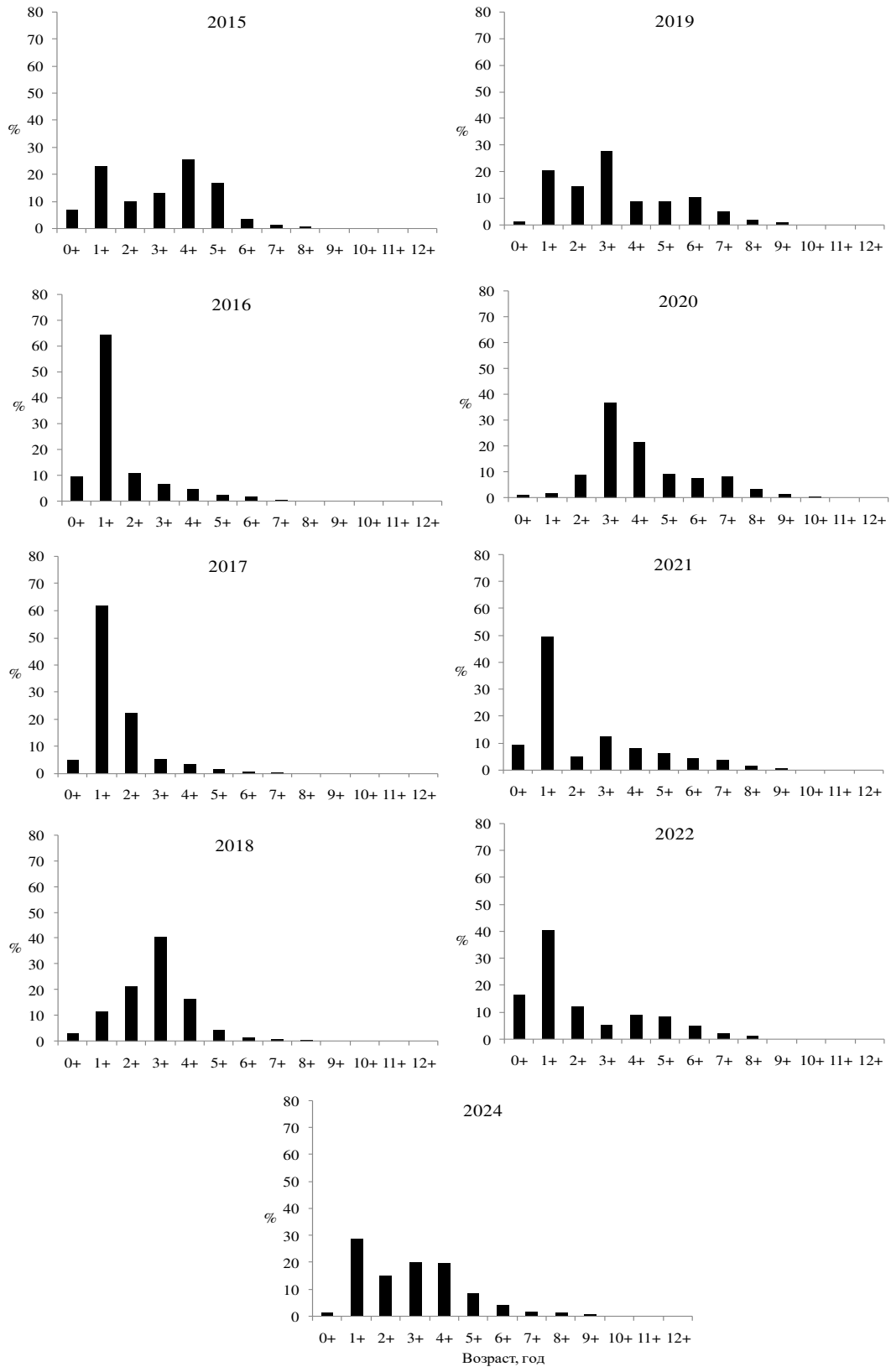


Рис. 122. Межгодовая динамика возрастного состава трески у Западной Камчатки на стандартном полигоне, по результатам учетных донных траловых съемок

По результатам учётных работ, выполненных в 2019 г., выделялись две доминирующие группы: 15–20 см (21%) и 30–45 см (44,2%) преимущественно в возрасте 1+ (20,5%) и 3+ (27,5%).

В 2020 г. в научных тралениях выделялись две доминирующие группы: 35–40 см (32,3%) и 45–50 см (30%). В возрастном составе превалировала треска 3+ (36,7%) и 4+ (21,5%). Схожая картина наблюдалась в 2015 и 2018 гг., когда возрастная группа 3+–4+ составляла более 50%.

По результатам донной траловой съемки, выполненной в июне–июле 2021 г., длина трески варьировала от 11 до 94 см (средняя длина — 32,1 см), а доминировали рыбы размерных групп 10–20 см (58,3%). В возрастном составе превалировала треска 1+ (49,6%). Схожая картина по результатам траловых съёмок наблюдалась в 2016 и 2017 гг., тогда возрастная группа 1+ составляла более 60%. Наличие в терминальном году повышенной доли 2-леток, вероятно, указывает на высокую урожайность поколения 2020 г.

В 2022 г. длина рыб в уловах изменялась от 12 до 101 см (среднее значение — 45,1 см), доминировали 2 размерные группы: 20–25 см (22,4%) и 35–45 см (42,4%). В возрастном составе превалировала треска 0+ (21,4%) и 1+ (23,6%).

По результатам учётных работ, выполненных в 2024 г., выделялись две доминирующие группы: 15–25 см (14,2%) и 40–55 см (55,6%) преимущественно в возрасте 1+ (28,5%) и 3–4+ (39,5%).

Подводя итог результатам анализа учетных донных траловых съемок, отметим, что в настоящее время ресурсы трески на западнокамчатском шельфе (без учета группировки, обитающей в зал. Шелихова), очевидно, находятся на уровне выше среднемноголетнего.

В результате модельных расчетов оценка общего запаса трески Западной Камчатки в возрасте 2-12 лет на начало 2025 г. составила 173,8 тыс. т, нерестового - 98,1 тыс. т, промыслового - 73,1 тыс. т. (рис. 123).

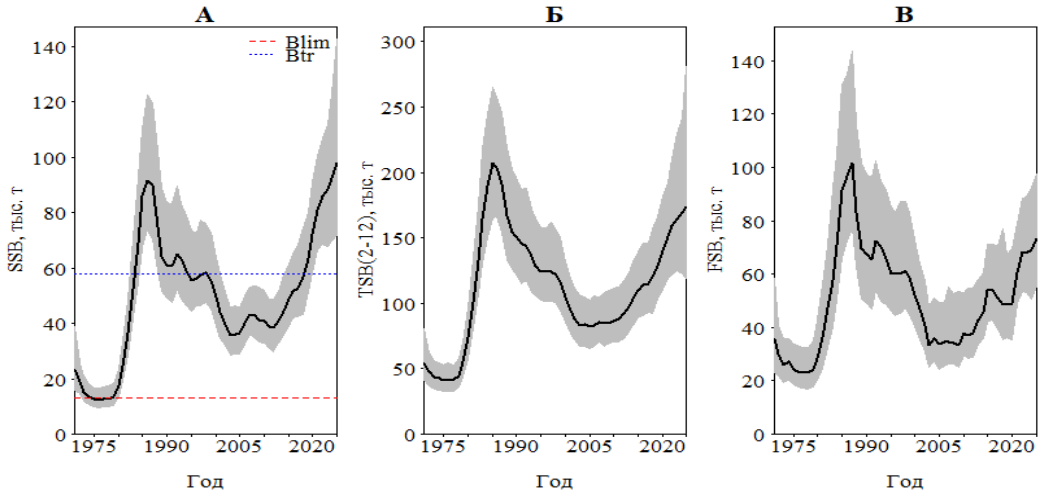


Рис. 123. Межгодовая динамика биомассы нерестового (А), общего (Б) и промыслового (В) запаса трески у Западной Камчатки. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности западнокамчатской трески составила 0,385 год$^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,091.

Коротко характеризуя динамику запасов западнокамчатской трески по результатам модельных оценок, отметим, что в 1970-х гг. состояние общего и промыслового запасов оценивалось на низком уровне — в среднем около 45–50 тыс. т и 25 тыс. т, соответственно. Пик общей численности пришелся на 1985 г., при этом осредненные за 1986–1990 гг. значения промысловой биомассы, по данным траловых съемок, составляли около 214 тыс. т. После этого наметилась тенденция к постепенному снижению запасов. После 2007 г. на свет появлялись только средние и урожайные поколения (рис. 124), что привело к росту запасов после 2011 г. Кроме того, снижение, по модельным оценкам, после 2018 г. пресса промысла на младшие возрастные группы (рис. 124–125) привело к росту биомассы нерестового и промыслового запаса в последние годы. Таким образом, ресурсы западнокамчатской трески в настоящее время находятся на высоком, стабильном уровне.

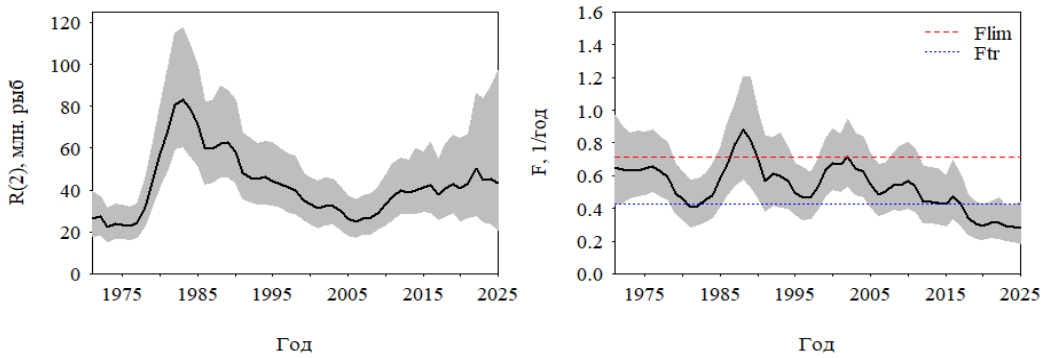


Рис. 124. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева) и коэффициентов промысловой смертности (справа) трески у Западной Камчатки. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

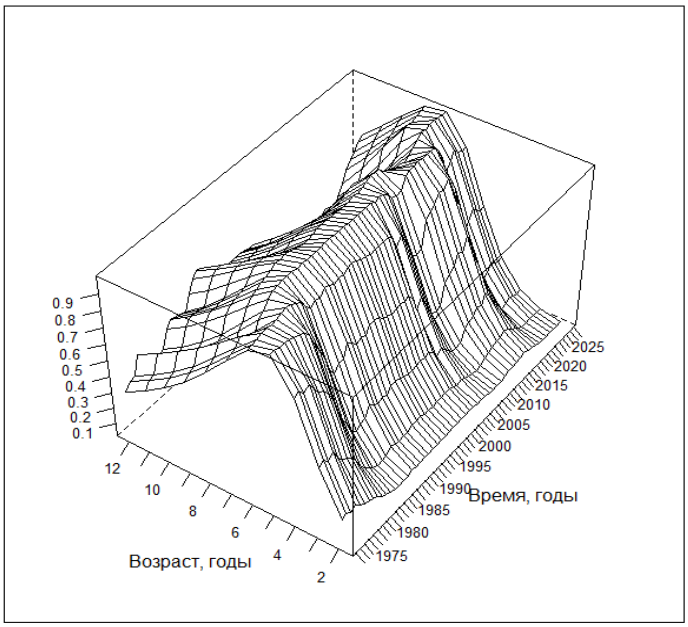


Рис. 125. Ретроспективные оценки коэффициентов селективности промысла

Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно изымаемых рыб и процентили бутстреп-распределения их оценок представлены на рисунке 124. Как видно, с 2012 г., когда в отношении запаса западнокамчатской трески начал применяться предосторожный подход, промысел велся рационально и никогда не превышал граничного ориентира по промысловой смертности.

Межгодовая динамика модельных и наблюденных индексов запаса трески представлена на рисунке 126. В используемой модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюденных значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p<0.05$.

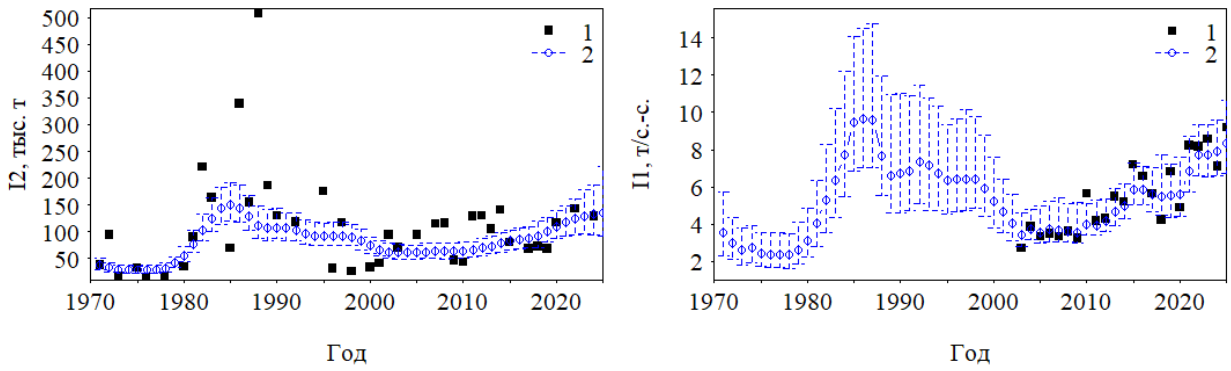


Рис. 126. Наблюденные значения индексов запаса (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2). Слева — данные траловых съемок, справа — стандартизованный улов на усилие

Важным элементом диагностики результатов моделирования динамики запаса является ретроспективный анализ. Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 127. Значение показателя Мона ρ для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило 2,0%, пополнения – -13,4%. В работе Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al, 2015] предложены пороговые значения показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижний — -22%, верхний — 30%. Следовательно, можно говорить об отсутствии значимой ретроспективной смещенности у модельных оценок пополнения и нерестовой биомассы западнокамчатской трески.

Промысел. Начало активного освоения запасов трески западнокамчатского шельфа относится к периоду становления тралового промысла в 1940–1950 гг., когда ее среднегодовой вылов составлял около

2 тыс. т (рис. 128). До этого треску в основном добывали в прилове при промысле других видов, а также эпизодически при помощи ярусов. В 1950–1970-х гг. годовые уловы вида в среднем составляли около 4,1 тыс. т. Середина 1980-х гг. характеризовалась ростом запасов трески практически во всех районах Северной Пацифики, в том числе на Западной Камчатке. В этот же период увеличились и годовые уловы. В среднем в эти годы добывали около 40 тыс. т.

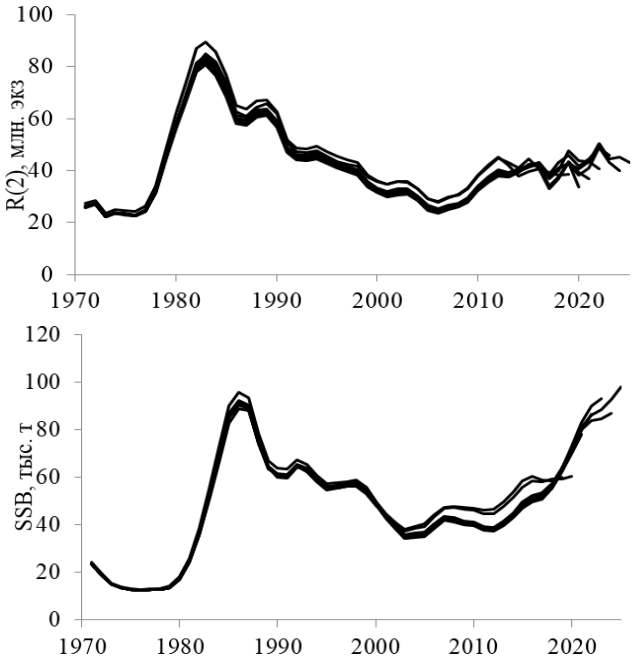


Рис. 127. Результаты ретроспективного анализа для оценок пополнения (сверху) и нерестовой биомассы (снизу)

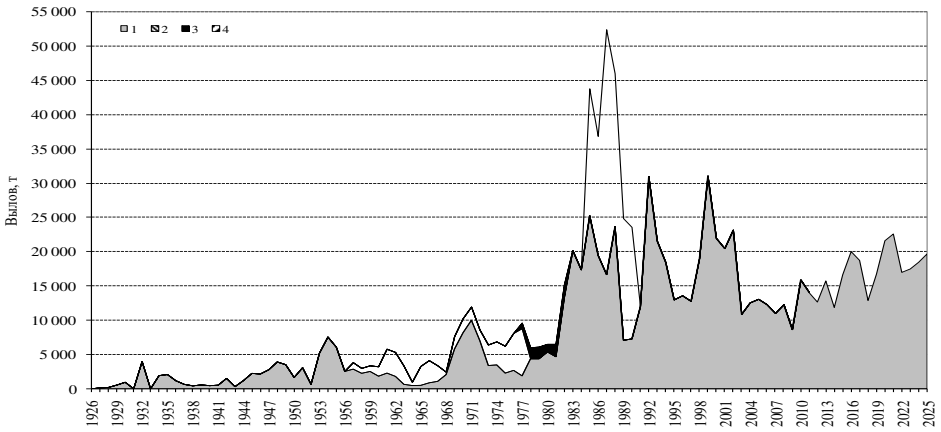


Рис. 128. Межгодовая динамика вылова трески у Западной Камчатки: 1 — вылов советскими и российскими судами; 2 — уловы Японии при снюрреводном промысле до 1978 г.; 3 — уловы Японии после введения ИЭЗ; 4 — уловы Северо-Курильской базы сейнерного флота (БСФ) в Камчатско-Курильской подзоне в период роста запасов

В 2025 г. у Западной Камчатки добыто около 19,7 тыс. т трески (табл. 17). Следует заметить, что степень реализации ОДУ этой популяции в

2016–2025 гг. изменялась от 68,0 (в 2016 г.) до 98,2% (в 2020 г.), а в среднем составляла 84,0%. При этом в Камчатско-Курильской подзоне среднее освоение ОДУ, равное 91,3%, выше, чем в Западно-Камчатской подзоне (64,0%). В 2023 г. впервые за последнее десятилетие степень реализации ОДУ трески в Камчатско-Курильской подзоне составила 110,0%, преимущественно за счёт перераспределения объемов изъятия вида между этими подзонами без превышения суммарного объема ОДУ.

Таблица 17

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западнокамчатской трески

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
Западно-Камчатская подзона			
2016	9,3	5,205	56,0
2017	7,0	3,813	54,5
2018	4,7	2,603	55,4
2019	5,2	4,171	80,2
2020	4,4	3,919	89,1
2021	6,7	5,55	82,8
2022	5,0	3,309	66,2
2023	4,8	2,631	54,8
2024	4,8	2,622	54,6
2025	5,8	2,725	47,0
Среднее	5,8	3,655	63,0
Камчатско-Курильская подзона			
2016	16,4	12,283	74,9
2017	16,4	12,902	78,7
2018	11,1	9,048	81,5
2019	12,2	11,469	94,0
2020	12,4	12,577	101,4
2021	19,0	17,29	91,0
2022	14,3	14,171	99,1
2023	13,9	15,285	110,0
2024	17,0	15,891	93,5
2025	19,2	17,009	88,6
Среднее	15,2	13,793	90,7
Западная Камчатка			
2016	25,7	17,488	68,0
2017	23,4	16,715	71,4
2018	15,8	11,651	73,7
2019	17,4	15,640	89,9
2020	16,8	16,496	98,2
2021	25,7	22,840	88,9
2022	19,3	17,480	90,6
2023	18,7	17,916	95,8
2024	21,8	18,513	84,9
2025	25,0	19,734	78,9
Среднее	21,0	17,448	83,1

Следует отметить, что в 2001–2009 гг. в Западно-Камчатской подзоне ежегодные уловы превышали таковые в Камчатско-Курильской (в среднем 64,9% общего вылова у Западной Камчатки). В последние 10 лет, напротив, основной вылов обеспечивала Камчатско-Курильская подзона (около 75%). Это обстоятельство учитывается при распределении ОДУ по подзонам.

Основными орудиями промысла трески у Западной Камчатки являются снюрреводы и донные ярусы. В Западно-Камчатской подзоне в 2016–2025 гг. вклад в общий вылов первых с 2016 г. снижался (рис. 129). В 2020 г. отмечалось небольшое увеличение доли вылова снюрреводным флотом (36,1%), однако, в 2021–2022 гг. таковой вновь уменьшился до 23,5%. Относительный вклад снюрреводного промысла в 2024 г. заметно снизился и составил 13,4%. В 2022 и 2023 гг. отмечено увеличение общегодового вылова трески другими орудиями лова (донными и разноглубинными тралами, ловушками и др.). Их вклад составлял около 2,5 и 3,8%, соответственно. В терминальном году их доля была незначительной (0,1%).

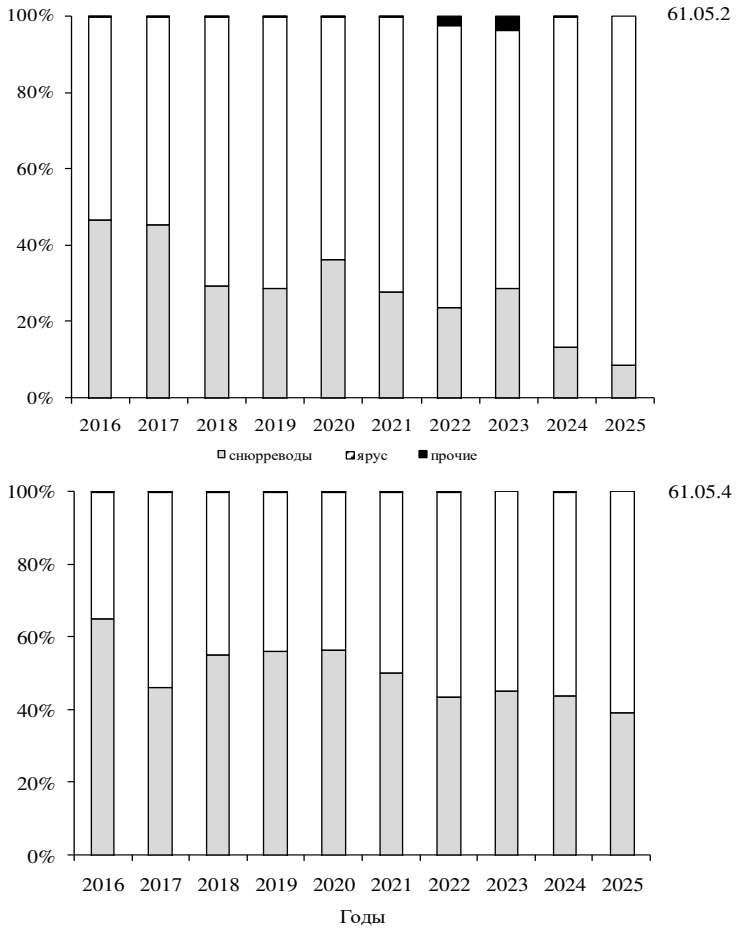


Рис. 129. Межгодовая динамика соотношения вылова трески разными орудиями лова у Западной Камчатки

В Камчатско-Курильской подзоне постепенное увеличение вклада в общий вылов судов, оснащенных снюрреводами, наблюдалось до 2016 г., затем, до 2018 г., последовало снижение этого показателя. В 2018–2020 гг.

вклад снюрреводного флота снова возрос, и в среднем он составлял 55,9%. В 2021–2025 гг. отмечено снижение доли этого орудия лова (до 40,4%).

Добыча трески у Западной Камчатки, как и в других районах, имеет выраженный сезонный характер. Наиболее результативный промысел донными ярусами приходится на зимне-весенний период (декабрь, январь–апрель), когда осваивается около 70% годового вылова этим орудием лова (рис. 130).

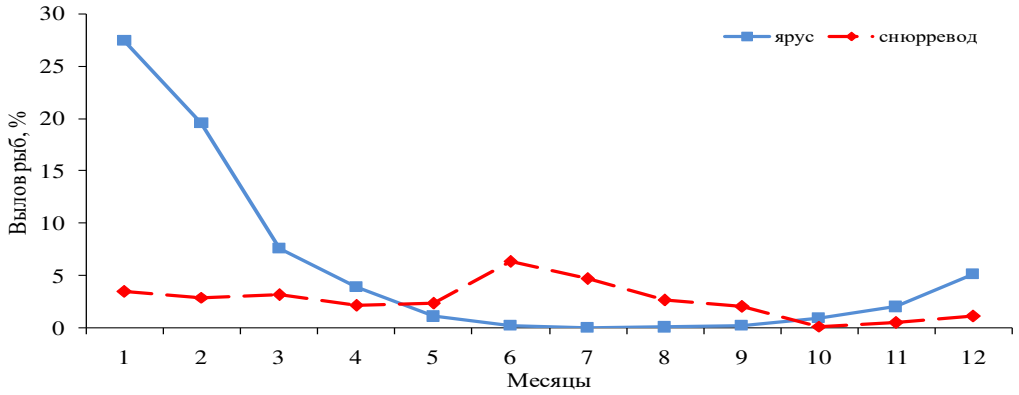


Рис. 130. Осредненная динамика уловов трески по месяцам в 2016–2025 гг.

В это время промысел базируется на преднерестовых и нерестовых скоплениях трески. После нереста основная масса трески рассредоточивается и мигрирует на мелководье на откорм, соответственно, промысловые показатели резко снижаются. В этой связи, традиционно с июля по октябрь ярусный промысел вида практически не ведется.

Наибольший вылов трески снюрреводами, напротив, приходится на летние месяцы (около 20% годового вылова), когда ведется ее специализированный промысел, либо добывают треску в качестве прилова при промысле камбал, наваги и др. (рис. 130).

Косвенно о состоянии запасов западнокамчатской трески можно судить по динамике средних уловов на единицу усилия (CPUE) и количества усилий (E) судов, обеспечивающих основной вылов. На снюрреводном промысле у судов типа РС в последние 10 лет CPUE в среднем был равен около 4,7 т/судосутки (рис. 131А). Минимальное значение этого показателя отмечено в 2018 г. (2,4 т/судосутки). В 2024 г. CPUE достиг максимального за рассматриваемый период показателя — 6,7 т/судосутки. В терминальном году этот показатель несколько снизился (6,4 т/судосутки), при этом количество усилий возросло относительно уровня прошлого года.

На ярусном промысле у судов типа СЯМ до 2016 г. CPUE постепенно увеличивался, затем (2017–2018 гг.) последовало снижение этого показателя (рис. 131 Б). В 2019 и 2020 гг. CPUE снова увеличился и составлял около 9,0 и 16,1 т/судосутки соответственно. В 2021–2022 гг. он снизился до 12 т/судосутки, а в 2023–2025 гг. — до 10,3 т/судосутки. Количество усилий в 2017 г. зафиксировано на максимальном для рассматриваемого периода уровне. После чего последовало его снижение, и в 2020 г. отмечены

наименьшие значения этого показателя. В 2025 г. количество усилий увеличилось (до 741), относительно предыдущего года. Описанные показатели, стандартизованные по модели GLM, используются в качестве индекса при модельных расчетах состояния запаса.

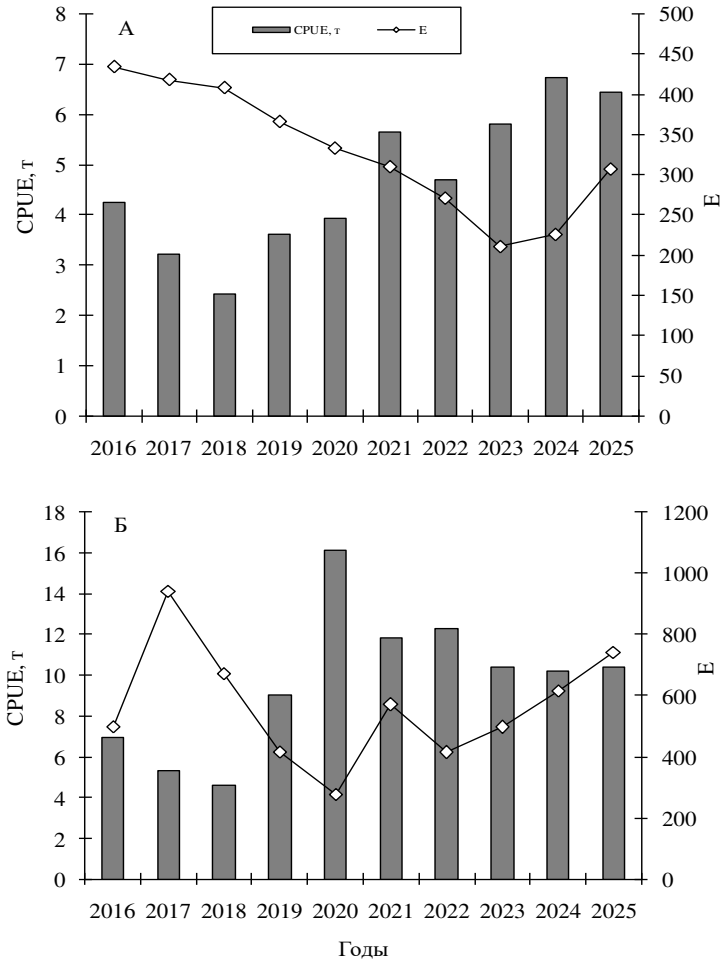


Рис. 131. Межгодовая динамика количества усилий (E, количество судосуток на лову) и уловов на единицу усилия (CPUE) на промысле трески снюрреводами (А) судами типа РС и ярусами (Б) судами типа СЯМ у Западной Камчатки

Размерно-возрастной состав тихоокеанской трески на западнокамчатском шельфе из уловов снюрреводом зависит не только от состояния запасов в текущем году, но и, в значительной мере, от структуры промысла. В отдельные годы, когда развивался зимне-весенний промысел на преднерестовых скоплениях с охотоморской стороны Северных Курил, в уловах возрастает количество старших рыб возрастом 5–7 лет (50–70 см), как это наблюдалось в 2016, 2019 и 2021 гг. В тех же случаях, когда снюрреводный лов в основном приурочен к летнему периоду, в уловах возрастает количество 2–3-годовиков длиной 30–40 см (2017, 2023 гг.) и 3–4-годовиков длиной 35–45 см, как это наблюдалось в 2018, 2020, 2022, 2024 и 2025 гг. (рис. 132 и 133).

Собрать данные по размерному составу трески на ярусном промысле удаётся не каждый год. К сожалению, мы не располагаем этими сведениями для ряда лет — 2015, 2016 и 2024 гг.

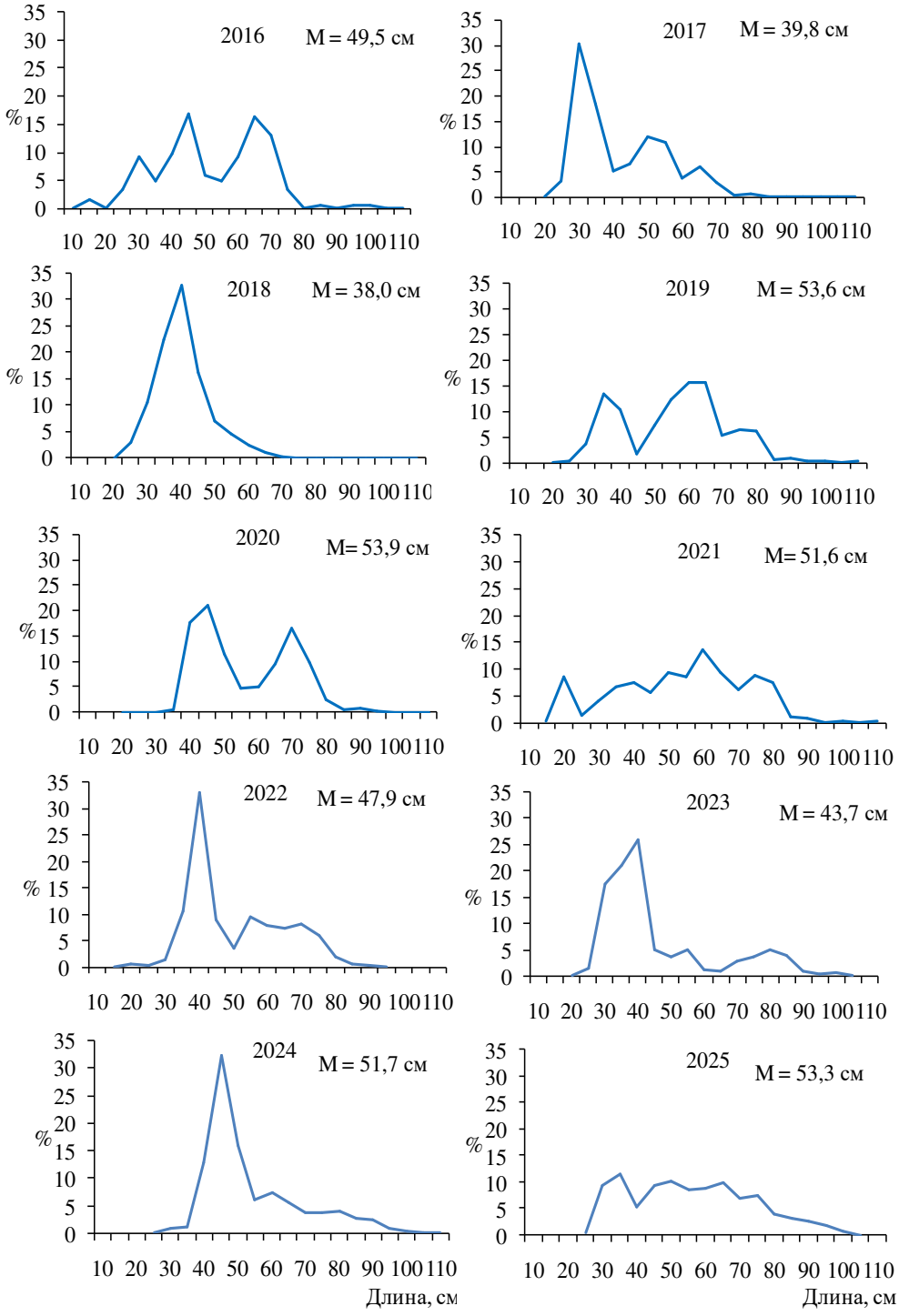


Рис. 132. Межгодовая динамика наблюденного размерного состава западнокамчатской трески из промысловых снюрреводных уловов

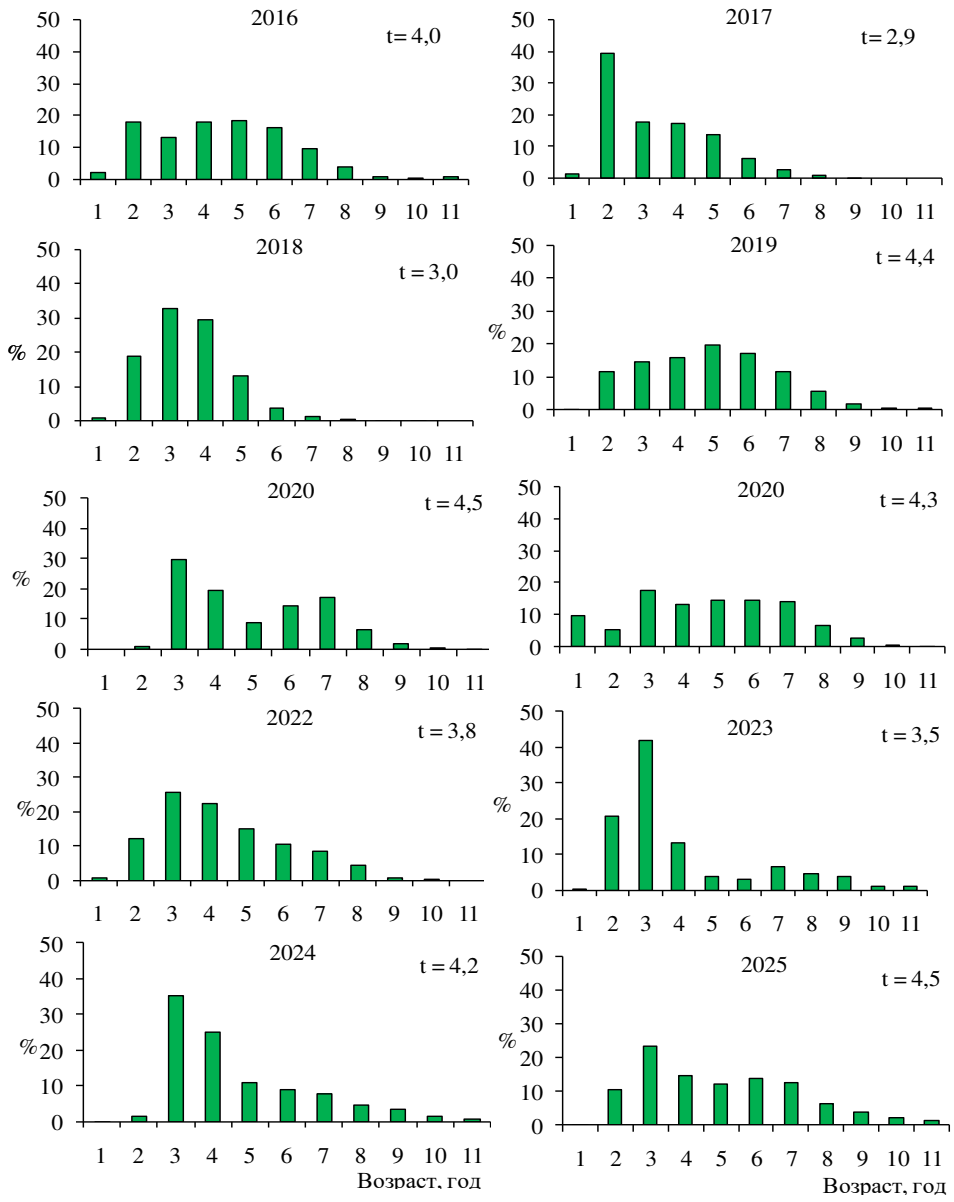


Рис. 133. Межгодовая динамика наблюденного возрастного состава трески западнокамчатского шельфа из промысловых снюрреводных уловов

В 2017 и 2018 гг. в уловах донным ярусом превалировали рыбы размерных групп 45–60 см, возрастных — 4–6 лет, на долю которых в среднем приходилось около 62 и 73% соответственно (рис. 134).

В 2019 г. основу уловов составляли особи размерных групп 55–70 см, возрастных — 5–6 лет, на долю которых приходилось в среднем около 65%. В 2020 г. заметно доминировали рыбы размерных групп 65–75 см (около 70%), возрастных — 6–7 лет, их доля составляла более 62%. В 2021 г. заметно превалировали рыбы размерных групп 70–85 см, возрастных — 7–9 лет, на долю которых приходилось около 79%. В 2022 и 2023 гг. преобладали особи длиной 55–75 см (79 и 77%, соответственно). В 2022 г. основу уловов формировали рыбы возрастом 5–6 лет, а в 2023 г. — 6–7 лет. В терминальном году доминировали особи длиной 55–75 см (более 68%) и возрастом 5–7 лет (около 62%) (рис. 134).

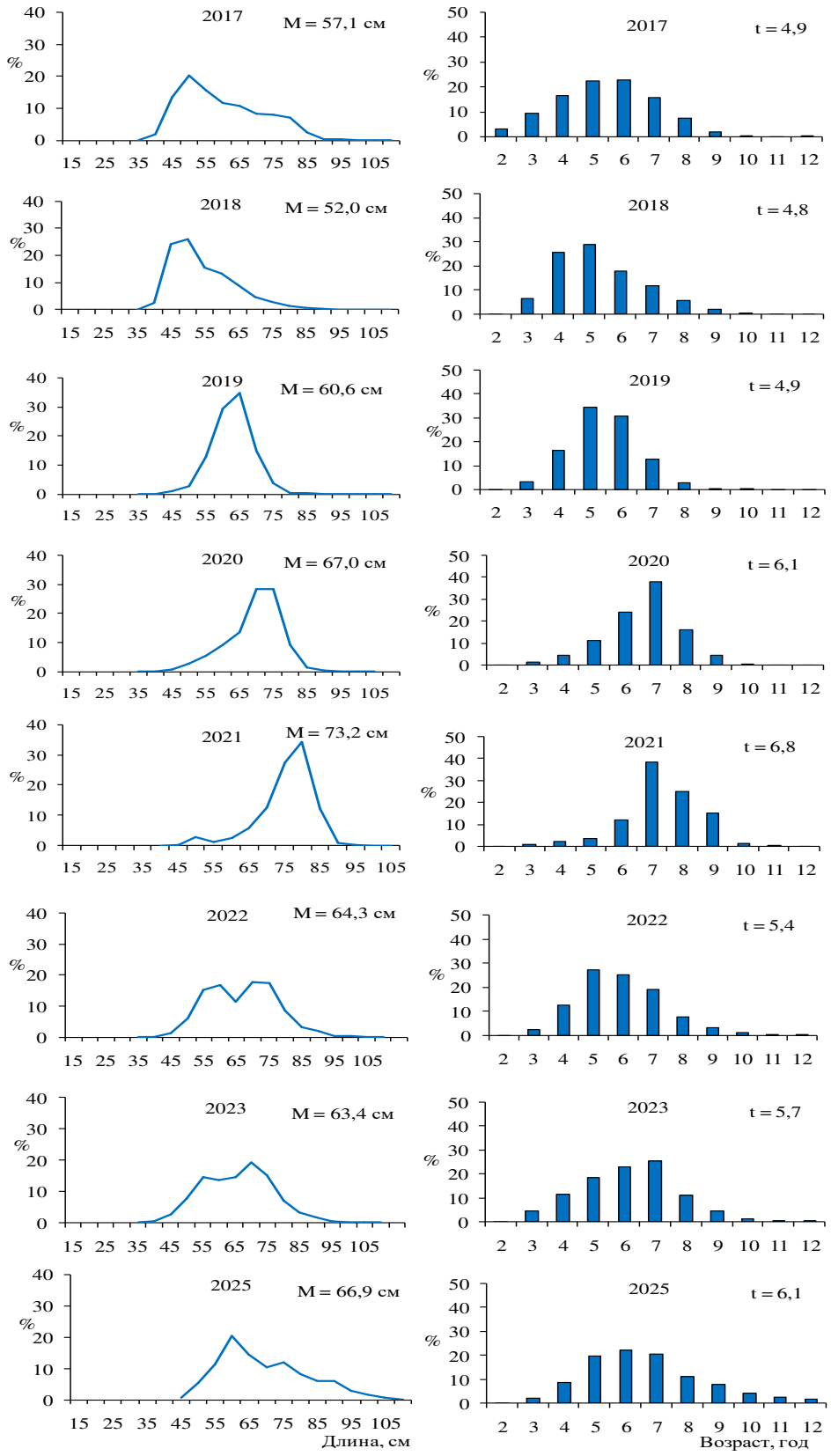


Рис. 134. Межгодовая динамика наблюденного размерного и возрастного состава трески западнокамчатского шельфа из промысловых ярусных уловов

Итоговый размерный состав трески в 2025 г. рассчитали по данным на ярусном и тралово-снюрреводном промысле с учетом вылова в количественном выражении. Возрастной состав определяли по

среднемноголетним размерно-возрастным ключам, сформированным по полугодиям.

В 2016, 2019 и 2022 гг. основу вылова составляла рыба в возрасте 5–6 лет (рис. 135). В 2017 г. доминировали 2(3)–5-летние особи. Определенно, к числу среднеурожайных когорт можно отнести рыб генерации 2015 г. Особи этого поколения массово появились в уловах уже в возрасте 2 года (28,7%), занимая первое место по частоте встречаемости в 2017 г. Очевидно, генерацию 2016 г. можно отнести к числу низких по численности, по сравнению с предыдущими поколениями 2013–2015 гг.

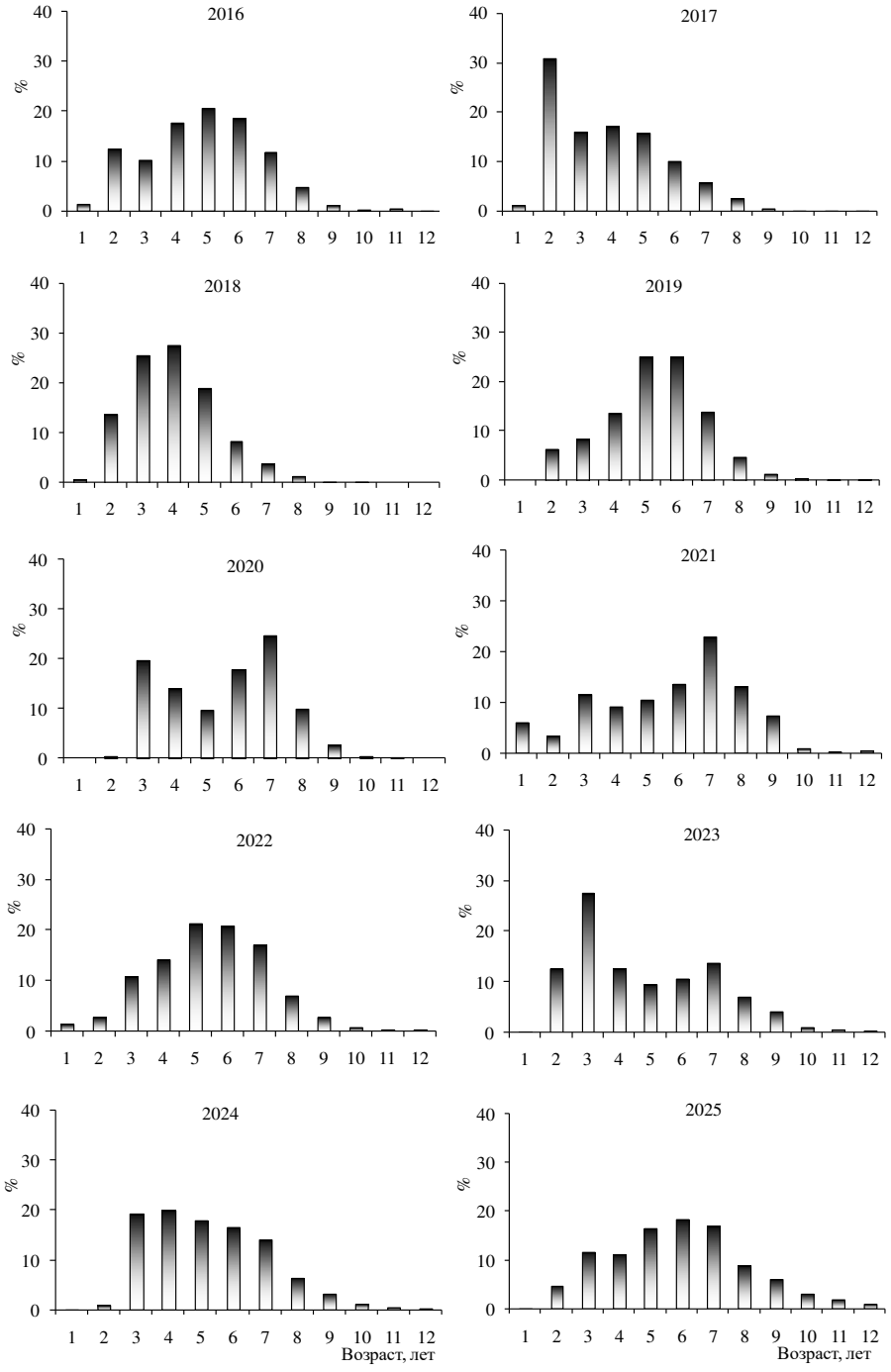


Рис. 135. Межгодовая динамика возрастного состава западнокамчатской трески (яруса и снюрреводы)

В 2018 г. более половины рыб в уловах было в возрасте 3–4 года — наиболее урожайных за рассматриваемый период генераций 2014–2015 гг. К этим же поколениям относятся рыбы, отмечавшиеся в уловах и в 2019–2021 гг. В 2020 г. основу уловов формировали рыбы в возрасте 3–4 лет (суммарно около 34%) и 6–7 лет (около 43%). В 2021 г. заметно превалировали старшевозрастные особи 6–8-летнего возраста, их доля составляла более 50%. Стоит отметить появление в уловах годовиков генерации 2020 г., относительное количество которых было наибольшим в рассматриваемые годы (более 6%), что косвенно указывает на его урожайность. В 2023 г. 46,5% составляли рыбы 2–3-летнего возраста. В 2024 г. более половины (57,1%) особей в уловах имели возраст 3–5 лет. В 2025 г. более 51% рыб в уловах было в возрасте 5–7 лет, очевидно, высокочисленных генераций 2019–2020 гг. (рис. 135).

Подводя итог ретроспективного анализа состояния запасов и промысла западнокамчатской трески отметим следующее:

1. В 2024 г. отмечено снижение общей биомассы трески у Западной Камчатки по сравнению с 2020, 2022 гг. по результатам донных траловых съемок. В 2025 г. съемка не проводилась, что добавляет неопределенность в оценки текущего и перспективного состояния запасов.

2. В 2025 г. отмечен рост общего и нерестового запаса по модельным оценкам по сравнению с предыдущими годами, и в настоящее время ресурсы западнокамчатской трески находятся на высоком уровне.

3. В 2025 г. суммарное освоение ОДУ трески у Западной Камчатки составило 79%.

4. В 2025 г. стандартизированный улов на усилие по сравнению с 2024 г. увеличился и достиг максимального значения.

5. После 2007 г. на свет появлялись средние и урожайные (2020 и 2022 гг.) поколения.

В целом, информация достаточно противоречивая. С одной стороны, по донным траловым съемкам отмечено снижение ресурсов после 2020 г. С другой стороны, по модельным оценкам запасы растут. Средний улов на усилие растет, но освоение ОДУ в последние годы снизилось (в 2019–2023 гг. оно было близко или больше 90%). В дальнем и ближнем пополнении средние и урожайные поколения.

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г. ориентиры управления для западнокамчатской трески были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 18.

Полученные оценки ориентира F_{msy} с учетом связи «запас-пополнение» [Sissenwine, Shepherd, 1987] и его популярных «заменителей» $F_{40\%}$, $F_{0.1}$ и F_{med} оказались довольно близки. Это может говорить об адекватности

полученных оценок. В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано среднее значение от указанных величин, т.е. $F_{tr}=(F_{msy}+ F_{40\%}+ F_{0.1} + F_{med})/4=0{,}424$ 1/год.

Таблица 18

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

Кандидаты в ориентиры	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
F_{lim}(Caddy), 1/год	0,563	0,592	0,671	**0,716**	0,771	0,846	0,871	0,718	0,085
F_{msy}, 1/год	0,311	0,337	0,392	**0,418**	0,448	0,491	0,516	0,417	0,055
$F_{40\%}$, 1/год	0,319	0,337	0,373	**0,394**	0,416	0,453	0,468	0,393	0,046
$F_{0.1}$, 1/год	0,340	0,363	0,395	**0,414**	0,441	0,480	0,496	0,416	0,046
F_{med}, 1/год	0,356	0,391	0,436	**0,470**	0,503	0,555	0,569	0,468	0,061
F_{max}, 1/год	0,584	0,626	0,739	0,829	0,950	1,278	1,387	0,875	0,227
$F_{lim}.B_{20\%bvir}$, 1/год	0,650	0,694	0,797	0,856	0,917	1,019	1,062	0,854	0,119
B_{loss}, тыс. т	8,31	8,65	9,85	10,75	11,54	12,48	**12,87**	10,69	1,19
$B2_{0\%}B_{vir}$, 1/год	28,68	29,21	31,08	32,58	34,15	37,07	38,27	32,76	2,42
B_{msy}, 1/год	52,41	55,67	63,12	68,56	75,36	90,72	94,39	70,15	10,88
SSB(F_{med}), 1/год	47,86	49,49	53,69	56,75	59,57	64,05	65,74	56,75	4,50

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте)

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{lim} по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998] — F_{lim}=0,716 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю. Исходя из динамики биомассы нерестового запаса и общего вылова, в качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе приняли верхнюю границу 95%-го доверительного интервала для наименьшего значения биомассы нерестового запаса за весь ретроспективный период: B_{lim}= 12,9 тыс. т. В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе B_{tr} приняли значение, соответствующее F_{tr} на кривой равновесной биомассы на рекрута с учетом среднемноголетней величины пополнения: SSB(F_{tr})=57,8 тыс. т (рис. 136).

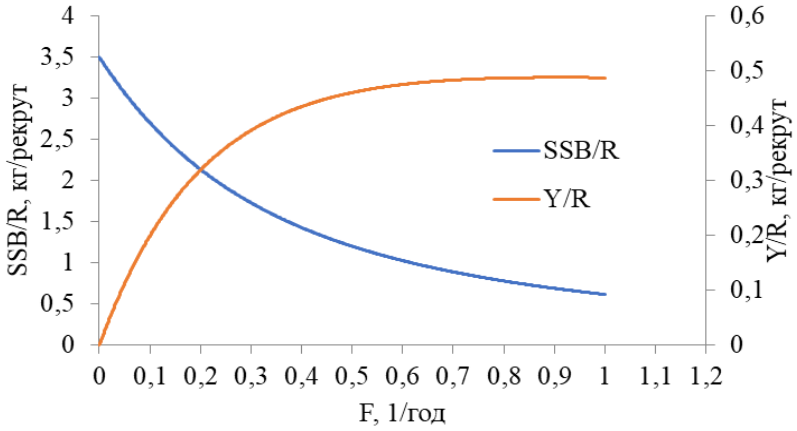


Рис. 136. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) западнокамчатской трески, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr}. Схема ПРП представлена на рисунке 137.

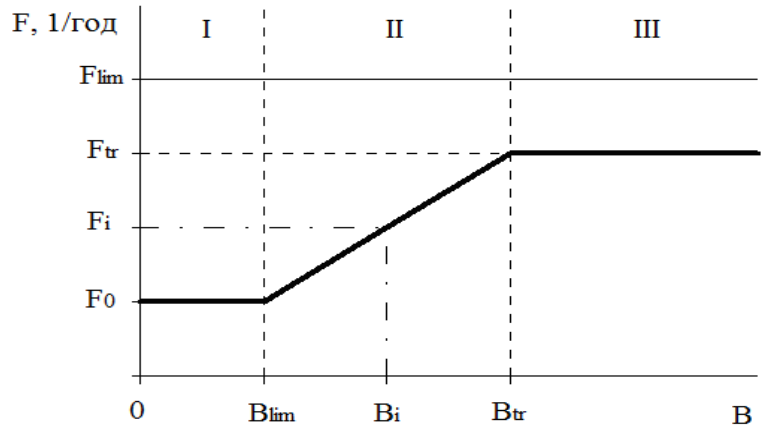


Рис. 137. Схема правила регулирования промысла

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim})/(B_{tr} - B_{lim})$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же соотношения (M, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. F=0,3596 год$^{-1}$ соответствует ОДУ, равному 21,9 тыс. т. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10 лет (рис. 124).

В качестве пополнения запаса трески Западной Камчатки на прогнозный период приняли среднюю за последние 10 лет численность 2-годовиков. По нашим прогнозам, в 2026–2027 гг. она составит 43,1 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 19). По нашим прогнозам, в 2026–2027 гг. запасы трески западнокамчатского шельфа стабилизируются на высоком уровне и будут находиться выше целевого ориентира по биомассе.

Таблица 19

Оценки численности и биомассы трески Западной Камчатки в возрасте 2 года и старше в 2025–2027 гг.

	Возраст, лет											Всего
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	
2025												
Численность на начало года, млн экз.	43,25	30,48	20,13	14,82	7,92	4,29	2,36	1,13	0,54	0,31	0,15	125,38
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,005	0,013	0,032	0,075	0,151	0,236	0,280	0,275	0,248	0,216	0,186	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,677	0,672	0,659	0,631	0,585	0,537	0,514	0,517	0,531	0,548	0,548	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,70	22,52	26,58	30,77	25,62	21,00	14,60	8,41	4,11	3,01	1,43	173,75
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,08	0,79	5,45	20,93	22,16	17,53	14,23	8,41	4,11	3,01	1,43	98,13
2026												
Численность на начало года, млн экз.	43,14	29,27	20,47	13,27	9,36	4,63	2,31	1,21	0,58	0,28	0,17	124,69
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,011	0,025	0,057	0,122	0,222	0,319	0,353	0,324	0,272	0,221	0,177	
Коэффициент выживания	0,673	0,663	0,642	0,602	0,545	0,494	0,478	0,492	0,518	0,546	0,546	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,66	21,63	27,02	27,55	30,27	22,66	14,25	9,02	4,49	2,74	1,68	176,97
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,08	0,76	5,54	18,73	26,18	18,92	13,90	9,02	4,49	2,74	1,68	102,04
2027												
Численность на начало года, млн экз.	43,14	29,03	19,42	13,15	7,99	5,10	2,29	1,10	0,60	0,30	0,16	122,28
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,013	0,030	0,067	0,143	0,262	0,376	0,416	0,382	0,320	0,260	0,209	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,66	21,46	25,63	27,31	25,85	24,93	14,16	8,19	4,58	2,92	1,52	172,21
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,08	0,75	5,26	18,57	22,36	20,81	13,81	8,19	4,58	2,92	1,52	98,85
ОДУ, тыс. т	0,16	0,52	1,39	3,04	4,99	6,56	4,05	2,18	1,05	0,56	0,24	24,74

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На начало 2027 г. модельная оценка биомассы нерестового запаса составляет 98,8 тыс. т, что соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 137). Согласно ПРП, рекомендованное значение промысловой смертности на 2027 г. составит 0,424 год$^{-1}$. Величину вылова рассчитывали по формуле:

$$ОДУ_i = F_{reci} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{reci})]}{M_j + s_j F_{reci}}$$ [Бабаян, 2000]

где: s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j — масса особей, M_j — МКЕС, $N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы, F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно ПРП, вылов трески Западной Камчатки в 2027 г. составит 24,7 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса трески Западной Камчатки не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 138). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня α = 0,1–0,2.

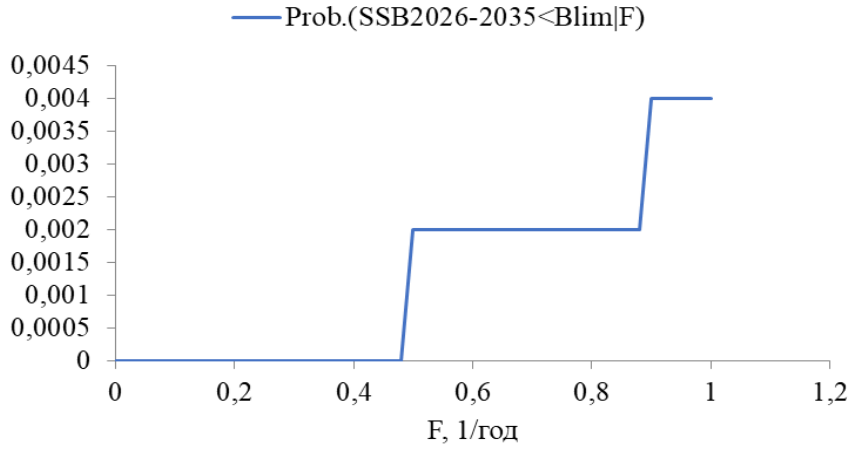


Рис. 138. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 139, при соблюдении ПРП запас трески Западной Камчатки с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные

границы и будет находиться вблизи целевого ориентира по биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отклонить действующую стратегию управления промыслом.

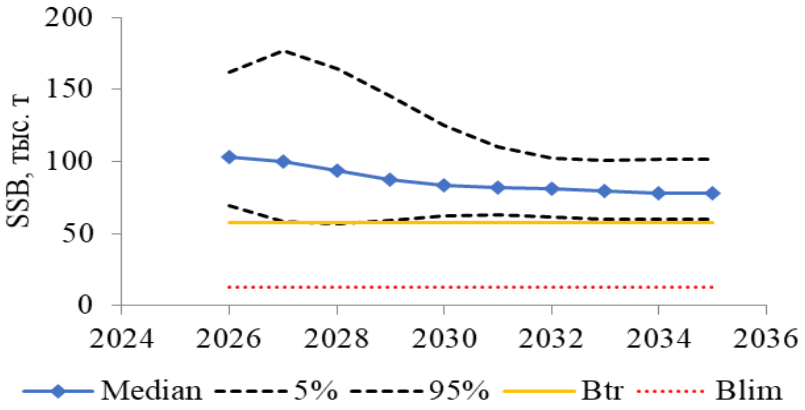


Рис. 139. Модельная динамика биомассы нерестового запаса трески Западной Камчатки при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятой стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2028}<B_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$ и $P(F_{2027}>F_{lim}/ОДУ_{2026}, ОДУ_{2027})$. Проведенный риск-анализ показал, что риски перелова по пополнению и перелова по росту при рекомендуемой величине ОДУ трески 24,7 тыс. т не превышают рекомендованного уровня α=0,1–0,2 (рис. 140).

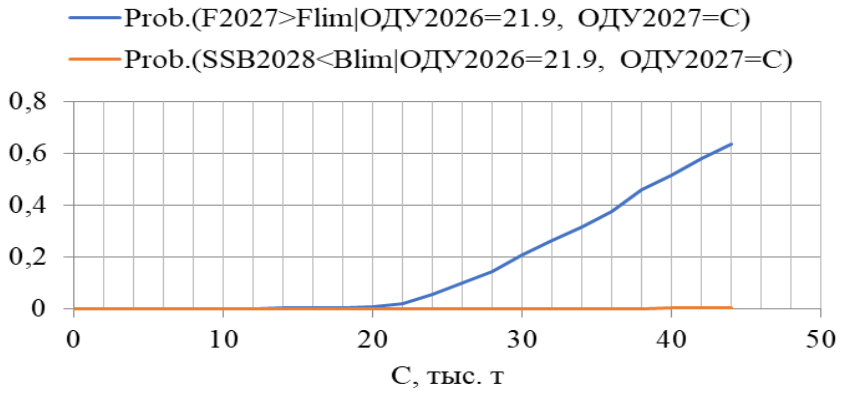


Рис. 140. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Западной Камчатки

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2015 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 141.

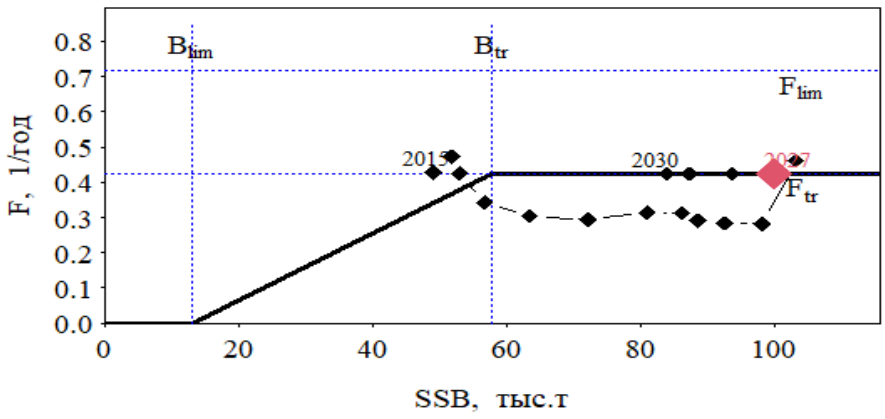


Рис. 141. Реализация правила регулирования промысла трески Западной Камчатки в 2015–2030 гг.

Сложившаяся в последние 10 лет практика промысла показывает, что в Западно-Камчатской подзоне вылавливается в среднем 23% общего вылова трески у Западной Камчатки. Предполагаем, что в 2027 г. распределение вылова трески по подзонам будет таким же. Исходя из этого, рекомендуем в Западно-Камчатской подзоне освоить 5,7 тыс. т, а в Камчатско-Курильской — 19,0 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ трески в 2027 г.** составит: **в Западно-Камчатской подзоне — 5,700 тыс. т, в Камчатско-Курильской — 19,000 тыс. т**.

Поскольку предполагается, что на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция трески, считаем, что в 2027 г., как и в 2022–2026 гг., **допустимо перераспределение объёмов общего допустимого улова трески между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарной величины общего допустимого улова трески** Такая мера не нанесёт ущерб состоянию эксплуатируемой популяции, будет способствовать более рациональному использованию ее ресурсов.

61.06 – Зона Японское море

61.06.1 - подзона Приморье

Исполнители: В.В. Кулик, А.О. Золотов («ТИНРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы ВБР…» (далее – Приказ № 104), треска подзоны Приморья отнесена к приоритетным объектам российского промысла, для которых устанавливается общий допустимый улов (ОДУ).

Большая часть района обитания северояпономорской трески приходится на российские воды. Согласно опубликованным результатам исследований [Особенности популяционной структуры тихоокеанской трески, 2018; Филогеография тихоокеанской трески, 2019] треска Японского моря генетически неоднородна. Результаты микросателлитного анализа ДНК свидетельствуют о достоверных генетических различиях особей двух выборок, что позволяет предполагать существование двух популяций. К одной из них были отнесены рыбы, обитающие в Татарском проливе вдоль западного побережья о-ва Сахалин, а также к востоку и юго-востоку, через пролив Лаперуза, вдоль северного побережья о-ва Хоккайдо, вплоть до тихоокеанских и охотоморских вод о-ва Кунашир (далее – «сахалинская» популяция). Ко второй — рыбы, отловленные в зал. Петра Великого и у восточного (япономорского) побережья Южной Кореи («приморская» популяция).

Ранее высказывалось предположение, что в летне–осенний период особи этих двух группировок могут нагуливаться совместно на шельфе центральной и северной частей Татарского пролива [Савин, Калчугин, 2011]. В 2024 г., по результатам исследований особенностей сезонного распределения трески и функциональной структуры ее ареала в северной части Японского моря было показано, что, участок Татарского пролива севернее 48˚ с.ш. является районом совместного летнего нагула всех возрастных групп обеих популяций [Золотов, 2024а]. Данный вывод, например, может быть продемонстрирован, например, результатами донной траловой съёмки, выполненной специалистами «ТИНРО» и «СахНИРО» в апреле–мае 2022 г., сразу после окончания нерестового сезона трески, и перехода ее особей к нагулу (рис. 142). Как видно из рисунка 142, явно локализуются два района воспроизводства трески: в зал. Петра Великого и у юго-западной оконечности о-ва Сахалин, где концентрации 1–3 годовиков были максимальными. На шельфе Татарского приморья в уловах доминировали 5–8–годовики, видимо мигрировавшие сюда для нагула после нереста. Причём, учитывая более чем четырёхкратную разницу в расстоянии от нерестилищ, логично предположить, что в основном эти рыбы принадлежали сахалинской группировке. Взрослые особи приморской популяции в этот период в основном облавливались на шельфе Приморского края, от зал. Петра Великого до м. Золотой.

Таким образом, промысловый запас трески подзоны Приморье слагается особями двух популяций и их долевое соотношение по данным донных траловых съёмок может быть установлено с достаточной степенью уверенности лишь в случае осуществления учётных работ в период с февраля по июнь, т.к. в дальнейшем вероятность смешения их особей на шельфе Татарского пролива увеличивается. Учитывая, что в среднемноголетнем аспекте приближённое соотношение учтенных биомасс приморской и сахалинской популяций трески по данным съемок оценивается как 1:2, использование результатов летних учетных работ с охватом всей акватории подзоны Приморье, может приводить к завышенным оценкам биомассы.

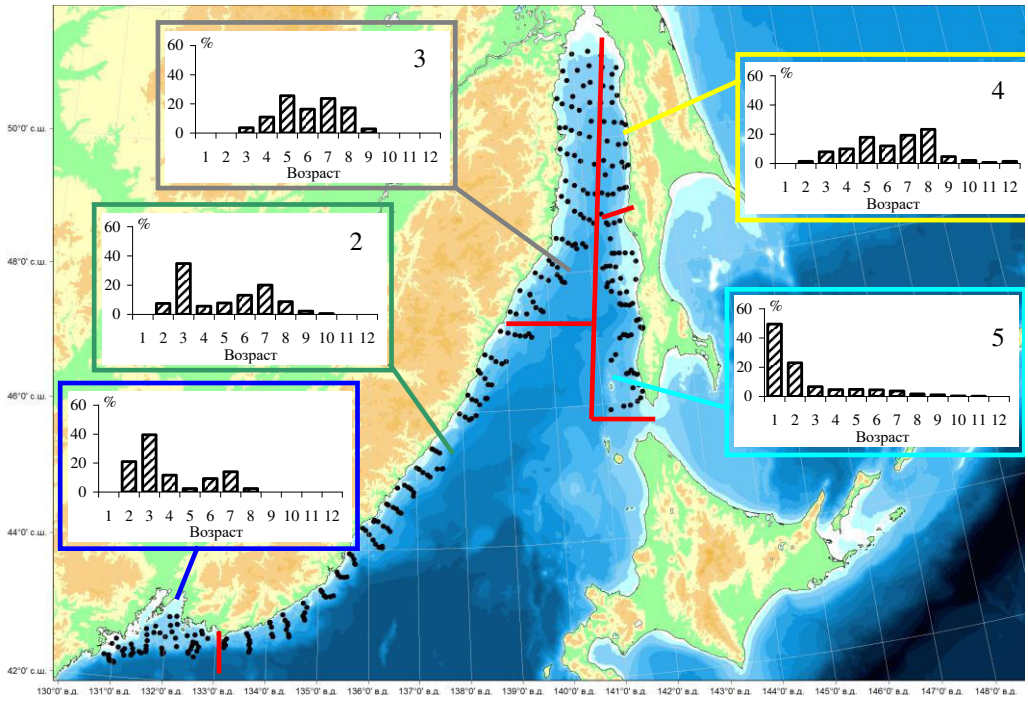


Рис. 142. Схема станций донной траловой съемки в апреле–мае 2022 г. на НИС «Дмитрий Песков» и «Владимир Сафонов» и возрастной состав трески по районам: 1 – зал. Петра Великого, 2 – подзона Приморье «Центр» (от зал. Петра Великого до м. Золотой); 3 – подзона Приморье «Север», 4 – подзона Западно–Сахалинская «Север»; 5 – подзона Западно–Сахалинская «Юг»)

С другой стороны, специализированный промысел трески подзоны Приморье практически не развит, а добывают её в основном в качестве прилова донными тралами и снюрреводами на акватории, прилегающей к зал. Петра Великого и далее к северо-востоку до 138° в.д. (рис. 143). Таким образом, в ходе промысла трески в подзоне Приморье до 2024 г. эксплуатировались только запасы приморской популяции, среднегодовая доля по биомассе, для которой, по данным донных траловых съёмок, составляла не более 30,2% (рис. 143). Соответственно, все промысловые показатели, являющиеся основой для расчётов запасов продукционными или когортными методами, для трески данного района могут относиться только к приморской группировке.

Аналогичным образом и полученные результаты по оценке промыслового запаса по данным моделирования будут иметь отношение только к треске приморской популяции и должны сопоставляться с данными донных траловых исследований, охватывающих акваторию от зал. Петра Великого до м. Золотой. В соответствии с Приказом № 104: «В случае, если единый ОДУ определяется для многовидового запаса, то оценка запаса, по которой определяется ОДУ, должна определяться для видов, реально эксплуатируемых промыслом». Полагаем, что аналогичный принцип должен быть использован при разработке материалов, обосновывающих ОДУ трески подзоны Приморье: оценка запаса должна осуществляться для реально эксплуатируемой приморской группировки трески.

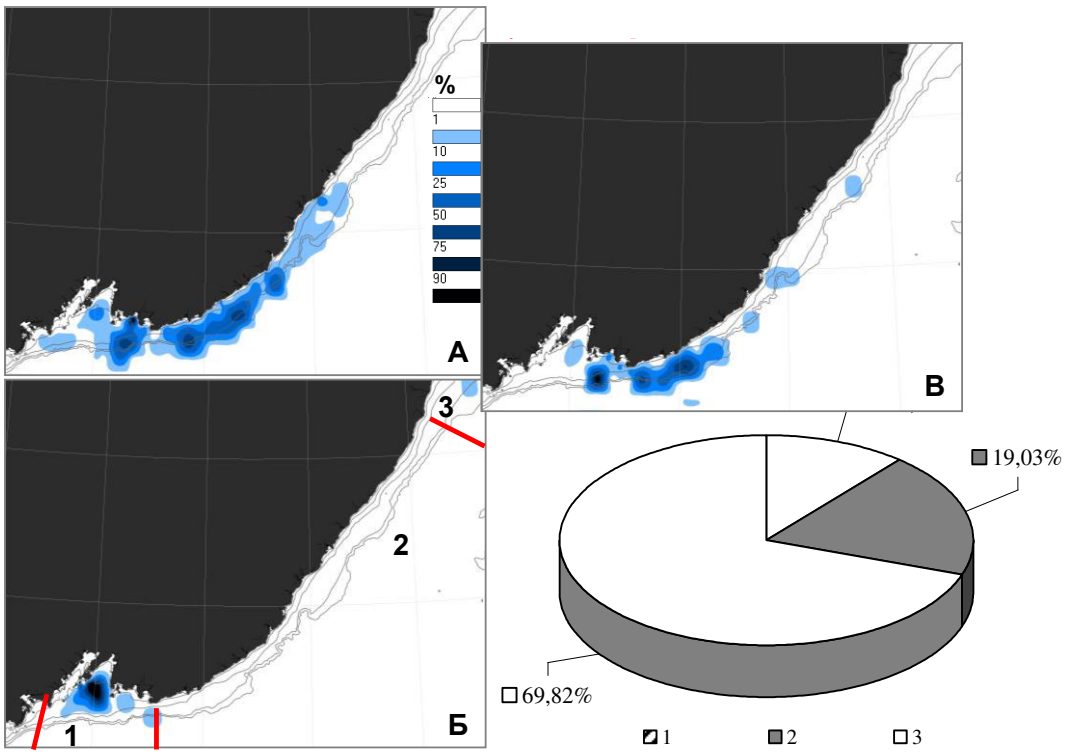


Рис. 143. Распределение промысловых уловов трески подзоны Приморье в 2011–2020 гг. (А–В) по данным ССД, в % от максимальных значений. А – снюрреводы, Б – донные тралы, В – разноглубинные тралы. Обозначения районов: 1 – зал. Петра Великого, 2 – подзона Приморье – юг (без зал. Петра Великого), 3 – подзона Приморье – север (до Татарского пролива). Среднемноголетний вклад районов (циклограмма) подзона Приморье в общую учтенную биомассу трески по данным донных траловых съемок (справа)

Данные донных траловых съёмок по северной части подзоны Приморье и Татарскому проливу должны учитываться при разработке обоснования ОДУ трески Западно-Сахалинской подзоны. Впоследствии, часть ОДУ трески данного района может осваиваться в подзоне Приморье, однако, учитывая, что данный район в настоящий момент промыслом практически не охвачен, принципы определения этой доли ОДУ в настоящий момент не разработаны и в рамках настоящего обоснования не рассматриваются.

Исходя из изложенных выше представлений, подготовлены материалы, обосновывающие ОДУ трески подзоны Приморье на 2027 г.

Исходным материалом для разработки биологической части обоснования ОДУ трески подзоны Приморье на 2027 г. послужили биостатистические данные из уловов донными тралами в период научно–исследовательских рейсов на шельфе и материковом склоне северной части Японского моря в 2000–2025 гг., собранные специалистами «ТИНРО».

В 2025 г. для расчетов использованы результаты донной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов» в подзоне Приморье, в том числе и данные по размерному составу уловов.

Для оценки запаса трески и его состояния модельными методами в обосновании обобщены архивные и современные данные по её годовому

вылову с 1979 г. Дополнительно использована информация официальной промысловой статистики по оперативной отчётности предприятий (ООП), судовым суточным донесениям (ССД) и из электронного рыболовного журнала по данным отраслевой системы «Мониторинг» Росрыболовства (ОСМ).

Матрица уловов по возрастам трески рассчитана по её размерному составу из уловов донными тралами и снюрреводами в 1979–2025 гг. В целом использованы данные более 24 тыс. массовых промеров.

Возраст рыб определён по отолитам. Возрастной состав за ранний период исследований оценивали с использованием размерно-возрастного ключа, составленного по результатам сборов в период донной траловой съёмки в 2022 г. Поскольку объёмы выборки для определения возраста были невелики (~820 экз.) для формирования размерно-возрастных ключей использовали данные обратных расчислений длины рыб в зависимости от возраста. Если формирование ключей выполнялось традиционным способом, эквивалентное число определений возраста составило бы ~3,6 тыс. экз. Аналогичную методику уже применяли ранее при оценке запасов желтоперой камбалы, обитающей на восточном и западном шельфе о-ва Сахалин и трески Южных Курил [Золотов, 2024б].

При оценке нерестового запаса долю половозрелых особей по возрастам определяли на основе опубликованных ранее материалов [Вдовин, 2019].

Исходя из предварительного анализа промысловой статистики, выяснено, что распределение уловов трески носит неслучайный характер не только по районам (или широте) в пределах подзоны Приморье, но и по орудиям лова, что должно учитываться при их стандартизации.

В конечном итоге использованы величины уловов, стандартизированных индексов CPUE, а также оценки биомассы B по научным съёмкам по всей подзоне Приморье (2004, 2005, 2007, 2009–2016, 2018 и 2022–2025 гг.).

Несмотря на то, что специализированный промысел трески в подзоне Приморье до сих пор развит довольно слабо, имеющиеся накопленные ряды по статистике годового вылова и динамике уловов на промысловое усилие, размерно-возрастному составу уловов, позволяют использовать для оценки её запаса аналитические модели.

В плане результативности трескового промысла северная часть Японского моря не относится к числу наиболее «уловистых» районов Дальневосточного бассейна. В среднем в 1979–2021 гг. в подзоне Приморье добывали не более 0,9 тыс. т трески в год. В других районах в пределах ИЭЗ России и в Приморье расцвет промысла трески пришёлся на вторую половину 1980–х и начало 1990–х гг., когда среднегодовые уловы возросли до 1,9 тыс. т. Исторический максимум пришёлся на 1986 г. (5,4 тыс. т).

Период постепенного снижения вылова сменился длительной стагнацией, и в 2001–2015 гг. треску добывали исключительно в качестве

прилова при снюрреводном и траловом промысле на уровне, не превышавшем 0,25 тыс. т в год.

Отсутствие интереса к специализированному лову трески сохраняется и в настоящее время, несмотря на очевидные признаки увеличения её промысловых ресурсов в 2017–2022 гг.

Для примера, в 2010–2016 гг. при среднегодовом ОДУ на уровне 1,73 тыс. т, среднегодовые уловы не превышали 0,12 тыс. т, освоение едва достигало 7%. И лишь в 2017 г., по мере постепенного вступления в запас поколений 2013–2014 гг. рождения, промысловые показатели несколько выросли (табл. 20).

Таблица 20

ОДУ, официальный вылов и освоение трески в подзоне Приморье в 2011–2025 гг.

Год	ОДУ, т	Общий вылов, т	Освоение, %
2011	650	174	26,8
2012	3160	220	7,0
2013	3130	152	4,9
2014	1400	101	7,2
2015	510	45	8,8
2016	940	168	17,9
2017	1400	360	25,7
2018	1700	370	21,8
2019	2000	413	20,7
2020	4600	1250	27,2
2021	4500	1605	35,7
2022	3000	1050	35,0
2023	1900	1103	58,1
2024	1500	1071	71,4
2025	1500	1177	78,5
Среднее:	2126	617	29,0

Максимум вылова в последнее десятилетие пришёлся на 2021 г. и составил около 1,605 тыс. т, при освоении ОДУ на уровне 35,7%. В целом же годовые уловы увеличились с 0,05 тыс. т в 2015 г. до 1,605 тыс. т в 2021 г. Указанное повышение уловов трески и освоения ОДУ в подзоне Приморье, косвенно свидетельствует о росте её запасов в те несколько лет.

По данным официальной промысловой статистики в 2024 г. из 1071 т трески подзоны Приморье около 800 т было выловлено донными ярусами на границе подзон Приморье и Западно-Сахалинская, на участке вплотную прилегающему к традиционному району ярусного промысла у юго-западного побережья о-ва Сахалин. Этот район достаточно удален от традиционных мест обитания трески приморской популяции [Золотов, 2024а], в связи с чем этот вылов должен быть отнесен к западно-сахалинской группировке и не может учитываться при модельных оценках численности приморской трески в 2024 г. Таким образом, в рамках настоящего обоснования, при формировании матрицы уловов по возрастам, расчет численности

выловленных особей по возрастным группам осуществлялся от величины вылова при тралово-снюрреводном прибрежном промысле в южной части подзоны Приморье (242 т).

В 2025 г., из-за того, что ярусный промысел трески в подзоне Приморье не осуществлялся, весь вылов был получен в ходе снюрреводного лова в южной части подзоны. В целом в 2025 г. по данным оперативной отчётности предприятий было выловлено 1177 т.

Что касается пространственной «привязки» тралово-снюрреводного промысла трески в пределах подзоны Приморье, то, как можно видеть (рис. 143), промысловые усилия распределяются крайне неравномерно. В основном траловый и снюрреводный промысел сосредоточен в зал. Петра Великого и на участке шельфа и материкового склона прилегающем к заливу с восточной и северо-восточной стороны примерно до 135° в.д.

По всей видимости, подобное распределение промысловых уловов объясняется отсутствием специализированного промысла трески и слабым развитием береговой рыбоперерабатывающей базы в подзоне Приморье, значительное количество предприятий которой сосредоточено как раз в зал. Петра Великого. Известно, что наиболее продуктивный промысел трески в пределах ИЭЗ Российской Федерации, либо сосредоточен в тех районах, где её запасы позволяют организовать эффективный ярусный лов (Западно-Беринговоморская зона), либо там, где широко развита сеть рыбоперерабатывающих предприятий и имеется возможность для её интенсивного специализированного снюрреводного лова (Петропавловско–Командорская подзона), либо там, где эти два фактора работают однонаправленно (Северо- и Южно-Курильская зоны, Карагинская подзона).

В подзоне Приморье же ярусный промысел, ввиду относительно небольших величин запаса, интереса для промышленности не представляет, а приёмная береговая рыбоперерабатывающая база слабо развита. Указанные обстоятельства, видимо, не позволяют рассчитывать на быстрое развитие специализированного промысла трески и резкое увеличение годовых её уловов в данном районе в ближайшее время.

Предварительная оценка запаса трески производится методами площадей без учёта особенностей распределения наблюдений в географическом пространстве и окружающей среды. Анализ динамики предварительных оценок биомассы трески подзоны Приморье произведён по данным донных траловых съёмок, выполненных в период с 2019 по 2025 гг.

В целом в «ТИНРО» использовались две принципиально разные схемы донных траловых исследований ВБР в северной части Японского моря, в ходе которых учитывалась треска. В первом случае исследования осуществлялись в летний период в зал. Петра Великого. Исследования проводились 23–метровыми тралами, и в основном были направлены на оценку запасов рыб прибрежного комплекса. Во втором были задействованы среднетоннажные суда типа НИС «Профессор Леванидов», а исследованиями старались охватить акваторию всей подзоны Приморье, вплоть до Татарского пролива, при этом использовались 27–метровые донные тралы. В последнем

случае в силу различных причин, в межгодовом аспекте случались отступления от стандартной схемы. Поэтому использование оценок общей и промысловой биомассы для ретроспективного анализа динамики запаса без учёта полноты охвата района исследования является некорректным.

Таким образом, вначале выполнен анализ долевого вклада трех районов подзоны Приморье в суммарную учтённую биомассу в многолетнем аспекте (рис. 143). Затем оценена динамика запасов трески в пределах каждого участков южнее и севернее м. Золотой (рис. 144).

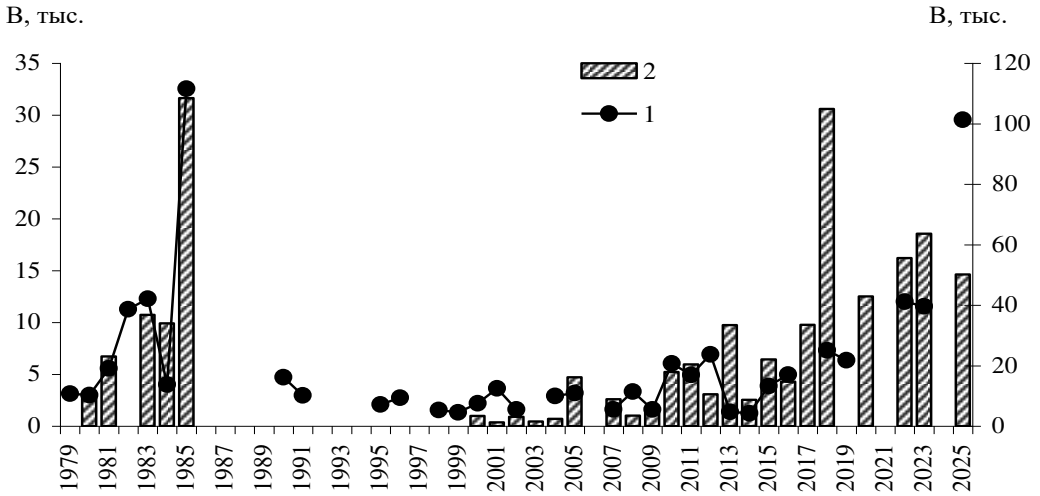


Рис. 144. Динамика общей биомассы трески в северной части Японского моря по данным донных траловых съемок, тыс. т. 1 – подзоны Приморье южнее м. Золотой (шкала слева); 2 – суммарно для подзоны Приморье севернее м. Золотой и Западно–Сахалинской подзоны (шкала справа)

Использовались только результаты тех исследований, при которых охват подзоны Приморье траловыми станциями был близок к стандартному. В многолетнем аспекте основной вклад в промысловые ресурсы трески в подзоне Приморье вносит участок, расположенный севернее м. Золотой, простирающийся вплоть до Татарского пролива.

Как обсуждалось выше, в этом районе в основном учитывались особи сахалинской популяции трески, и на его долю в среднем приходилось около 69,8% от учтенной биомассы. Южный район подзоны Приморье, располагающийся от зал. Петра Великого до м. Золотой обеспечивал около 19%, и наконец, на участок наиболее интенсивного промысла, собственно на зал. Петра Великого приходилось не более 11,2%.

Как можно видеть, характер динамики запасов приморской и сахалинской популяций был сходным. Промысловые ресурсы трески оценивались на максимальном уровне в середине 1980–х гг. Затем произошло резкое снижение с последующим длительным периодом низкой численности обеих популяций. Тренд к поступательному росту наметился в начале 2000–х, а в 2018–2022 гг. произошло резкое увеличение ресурсов, превышающее среднемноголетний уровень в 3–4 раза.

В заключение коротко охарактеризуем размерно–возрастной состав уловов трески в период проведения донных траловых съемок, поскольку именно он в основном использовался при формировании матрицы уловов по возрастам (рис. 145, 146).

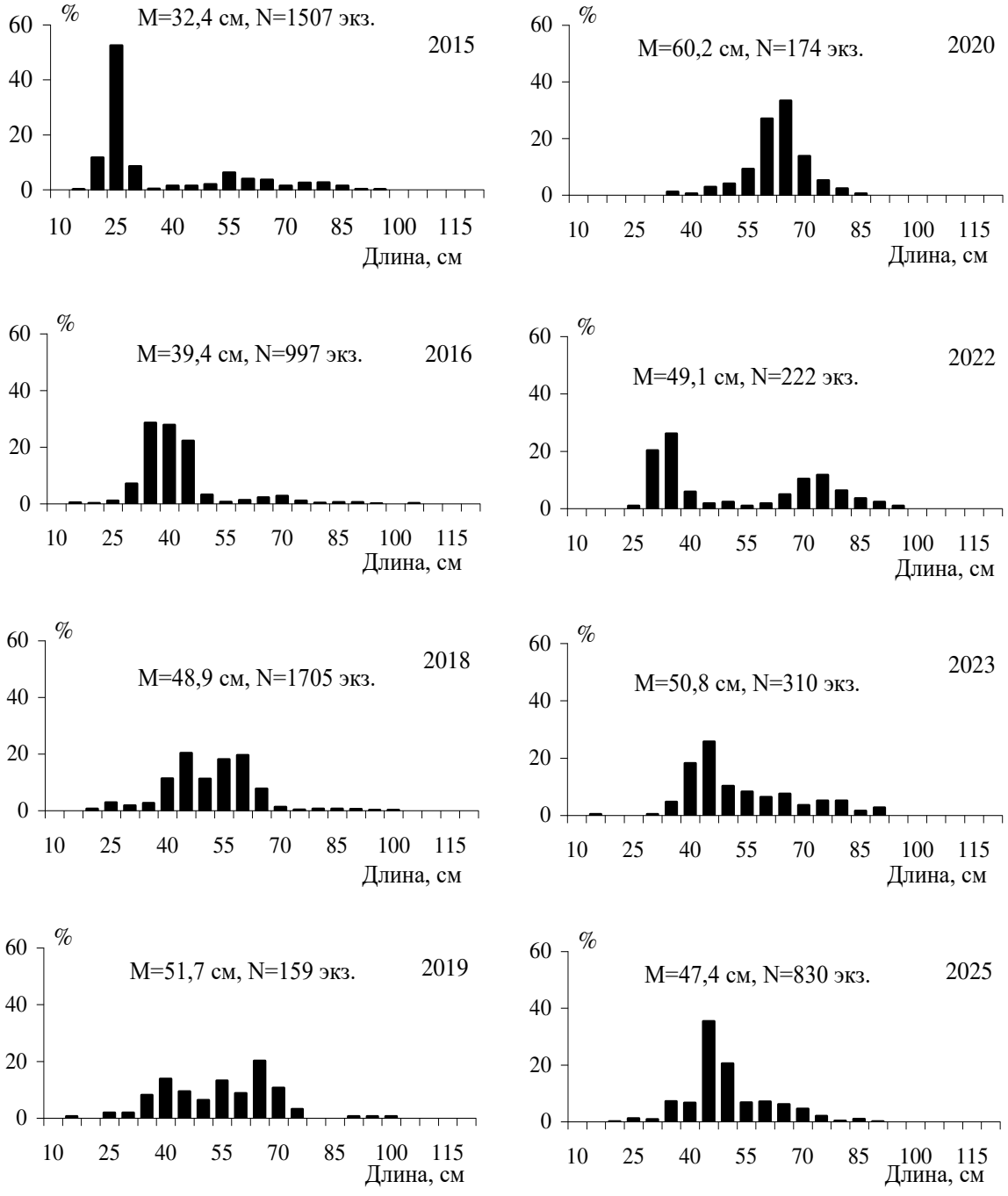


Рис. 145. Размерный состав трески из уловов донным тралом в период проведения траловых съемок в подзоне Приморье в 2015–2025 гг. Указана средняя длина рыб в уловах (M) и число промеренных особей (N)

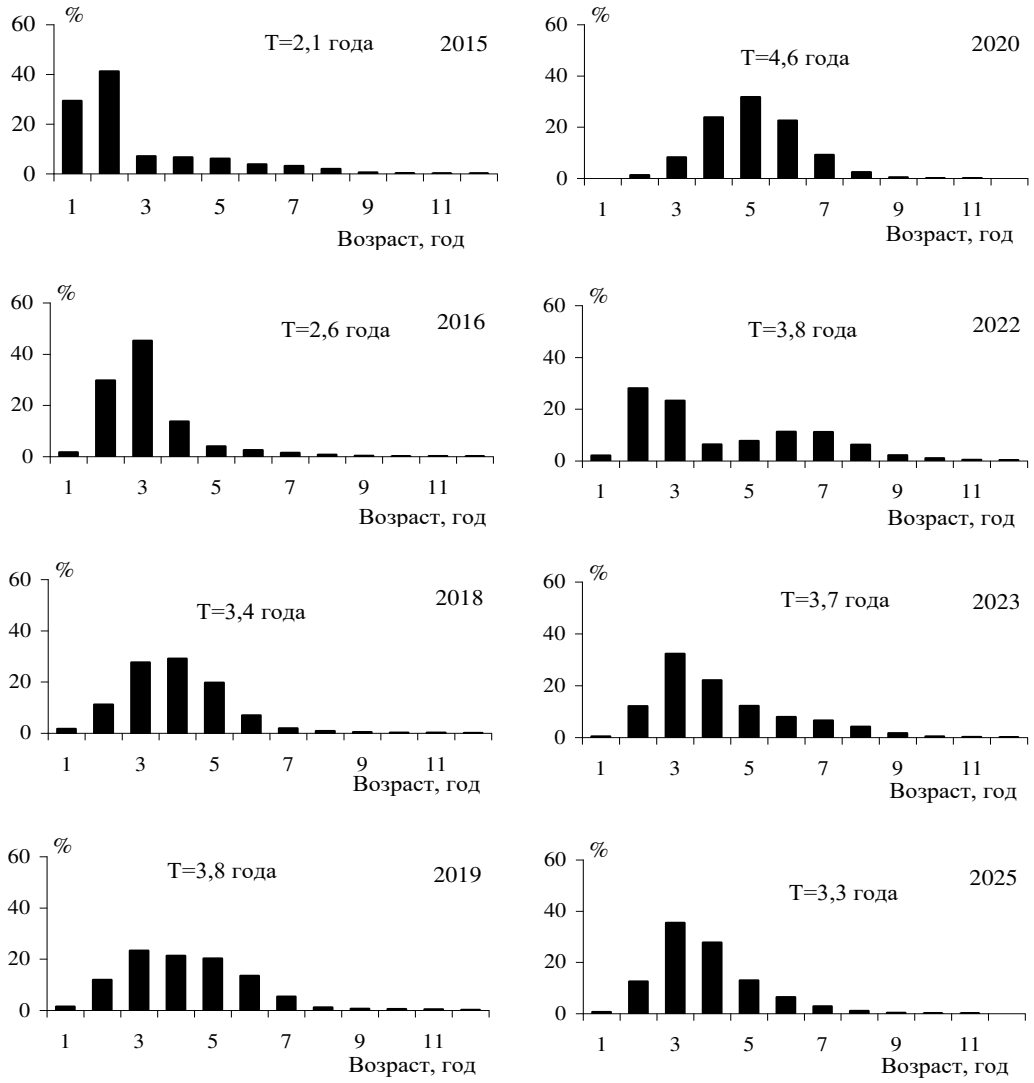


Рис. 146. Возрастной состав трески из уловов донным тралом в период проведения траловых съемок в подзоне Приморье в 2015–2025 гг. Указан средний возраст рыб в уловах (Т)

Ранее в 2022 г. при разработке материалов, обосновывающих ОДУ трески подзоны Приморье на 2023 г., в соответствии с требованиями Приказа № 104, уровень информационного обеспечения данной единицы запаса повышен со II до I-го. В настоящем обосновании, в связи с использованием для оценки запасов когортной модели, уровень остаётся максимальным – I.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Имеющиеся многолетние данные позволяют производить оценку запасов трески Приморья с помощью когортных моделей. В настоящее используется современная когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма–точечным фильтром Калмана UKS (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022], которая в некоторой степени сходна с известной победительницей множества состязаний в международных Комиссиях – статистической когортной моделью SAM [Berg, Nielsen, 2016]. СКМ с UKS учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить «Синтез»

[Ильин, 2014] в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2026].

Индекс промыслового запаса (CPUE) важен для настройки, но целевого промысла трески почти нет, поэтому CPUE получен в результате стандартизации судовых суточных донесений (ССД) с учётом целевого объекта лова. Такая стандартизация ССД проведена с 1998 по 2025 гг. в GLM по формуле (1) в языке программирования R, следуя методике, учитывающей индивидуальные различия по судам (отдельно, что учитывает их промысловое вооружение) и их цели промысла в дополнение к учёту различий по месяцам [Bentley et al., 2011].

$$Ln(c_i) = \alpha^Y_{y_i} + \alpha^T_{t_i} + \alpha^M_{m_i} + \alpha^V_{v_i} + \varepsilon \quad (1),$$

где: $Ln(c_i)$ – натуральный логарифм *i*-го улова c_i в тоннах за 1 день по каждому судну, $\alpha^Y_{y_i}$ – коэффициент *i*-го года (y_i) из вектора соответствующих коэффициентов *Y*, аналогичны коэффициенты по целевому виду в улове (*T*), месяцам (*M*) и кодам судов (*V*), ε – нормальная ошибка с математическим ожиданием на уровне общего смещения.

Настроенная GLM описала 57% дисперсии, из которых 25% связано с $\alpha^Y_{y_i}$, 11% с $\alpha^T_{t_i}$, 3% с $\alpha^M_{m_i}$ и 18% с $\alpha^V_{v_i}$. Максимальное влияние в модели имели коды судов и целевых видов (рис. 147, 148), а коды месяцев самое низкое, но тоже значимое (рис. 149).

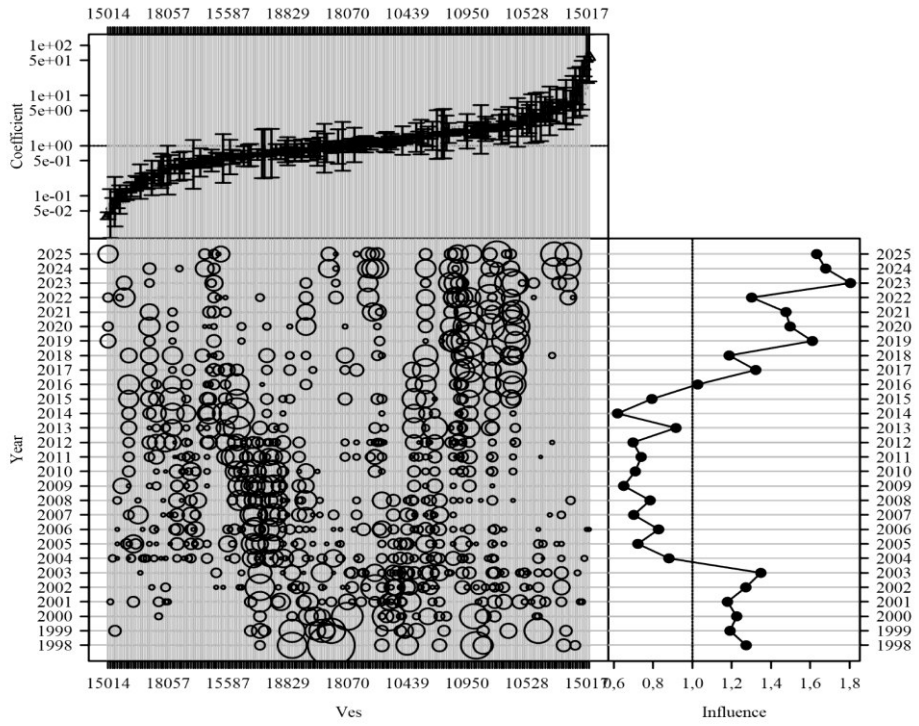


Рис. 147. Влияние (Influence) коэффициентов (Coefficient) кодов судов (Ves) в GLM по формуле (1)

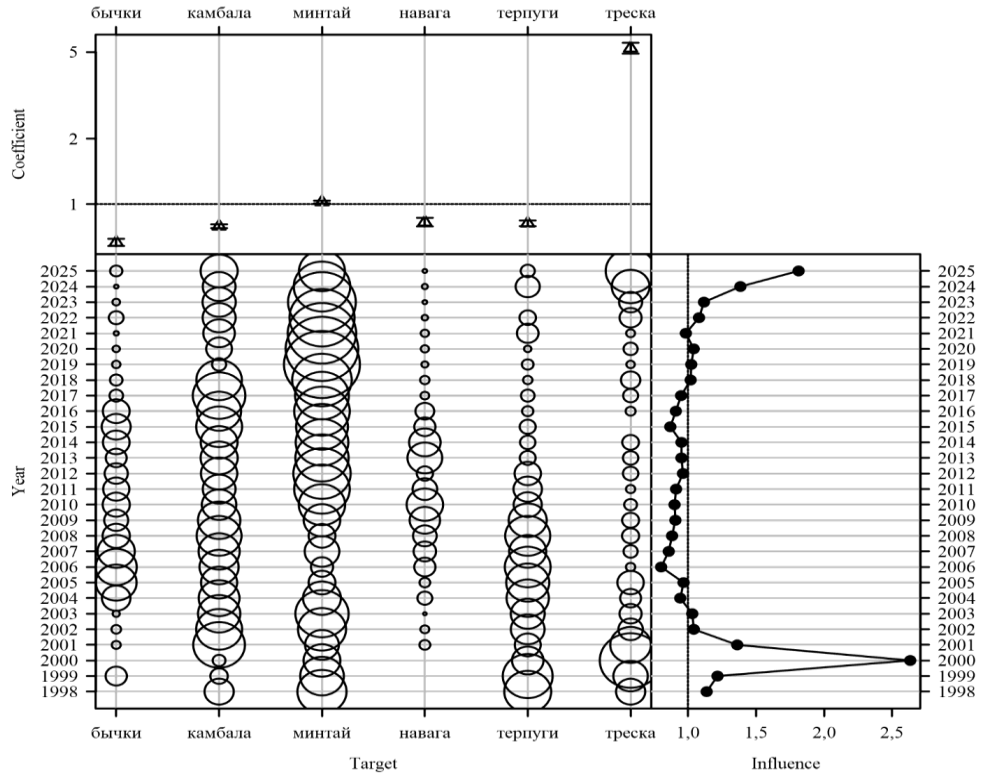


Рис. 148. Влияние (Influence) коэффициентов (Coefficient) кодов целевых видов (Target) по годам (Year) в GLM по формуле (1)

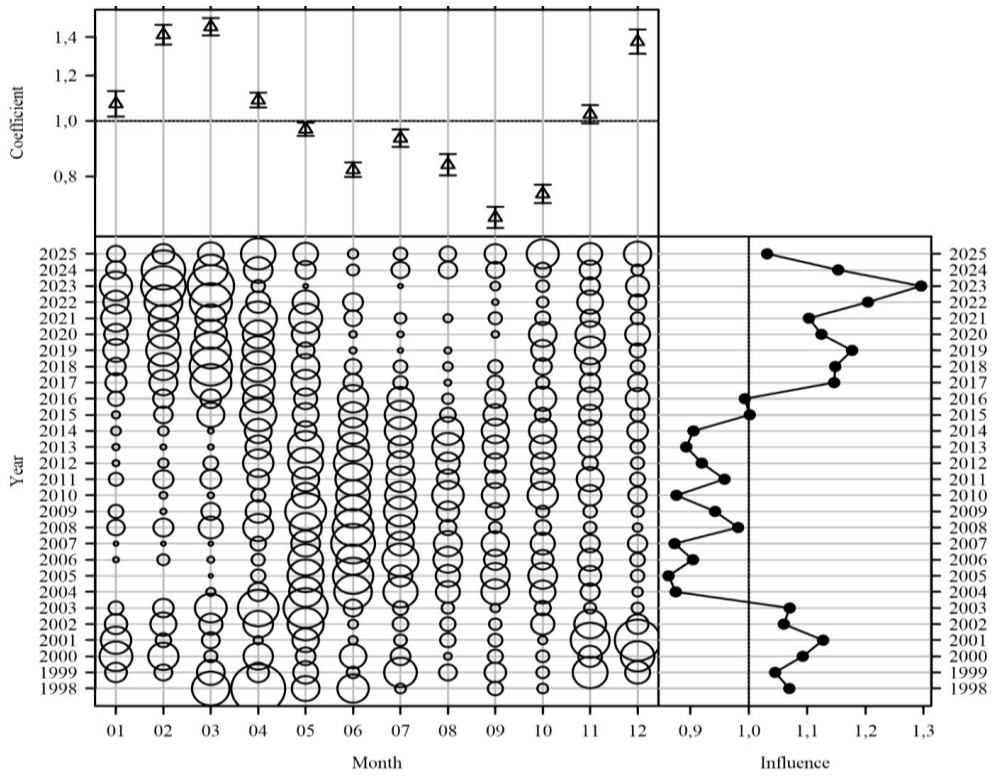


Рис. 149. Влияние (Influence) коэффициентов (Coefficient) месяцев (Month) в GLM по формуле (1), где число показывает порядковый номер месяца в году (Year)

Целевой вид считался таковым, если его масса была больше половины всего улова. В полной выборке было 29 целевых видов лова с приловом трески. Однако 24 объекта встречались в выборке менее 100 раз, поэтому не могли иметь значительного влияния на стандартизацию. Исключение таких редких событий привело к снижению числа стандартизируемых 13290 ССД на 2,2%. Из оставшихся в выборке больше всего ССД с 1994 г. с приловом трески было на промысле минтая (5511), а сама треска становилась целью лишь в 980 ССД. Промысел камбал также имеет большое число ССД (3015), терпугов (1708 ССД) и бычков (1071 ССД), в которых была показана ещё и треска. Только у наваги из оставшихся в выборке целевых видов с приловом трески число ССД было ниже (715). Дополнительно пришлось урезать выборку ССД до 1998 г., т.к. с 1994 г. было сохранено мало наблюдений ССД, что вело к высочайшей ошибке коэффициентов ранних лет в настройки GLM. В итоге осталось 12908 ССД с 1998 по 2025 гг.

Ошибка коэффициентов лет с учётом ошибки общего смещения находилась в интервале от 1,14 до 1,17, что практически малоинформативно, поэтому следом была произведена коррекция оценок в модели REMA [Sullivan et al., 2022; Sullivan, Balstad, 2022]. В результате аномальный провал стандартизированного CPUE в год максимальной общей биомассы трески (2022) был сглажен (рис. 150, 151).

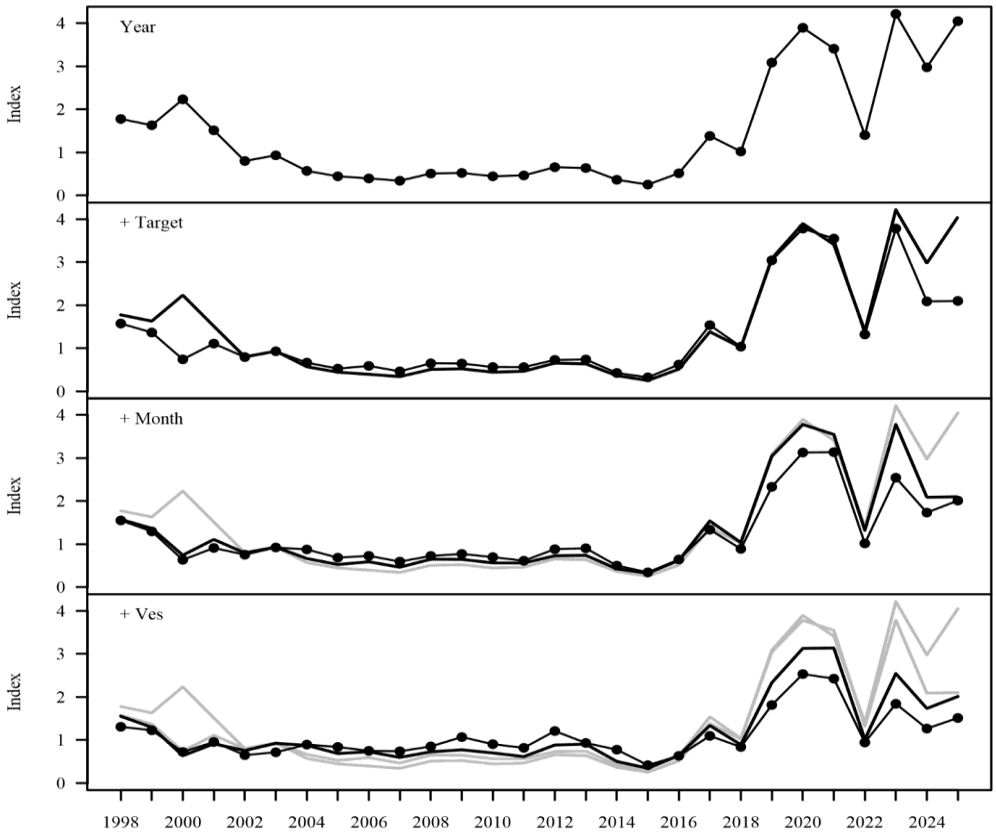


Рис. 150. Стандартизированный в GLM по формуле (1) индекс (Index) CPUE по годам (Year) при добавлении факторов стандартизации целевого вида (Target), Месяца (Month) и кода судна (Ves)

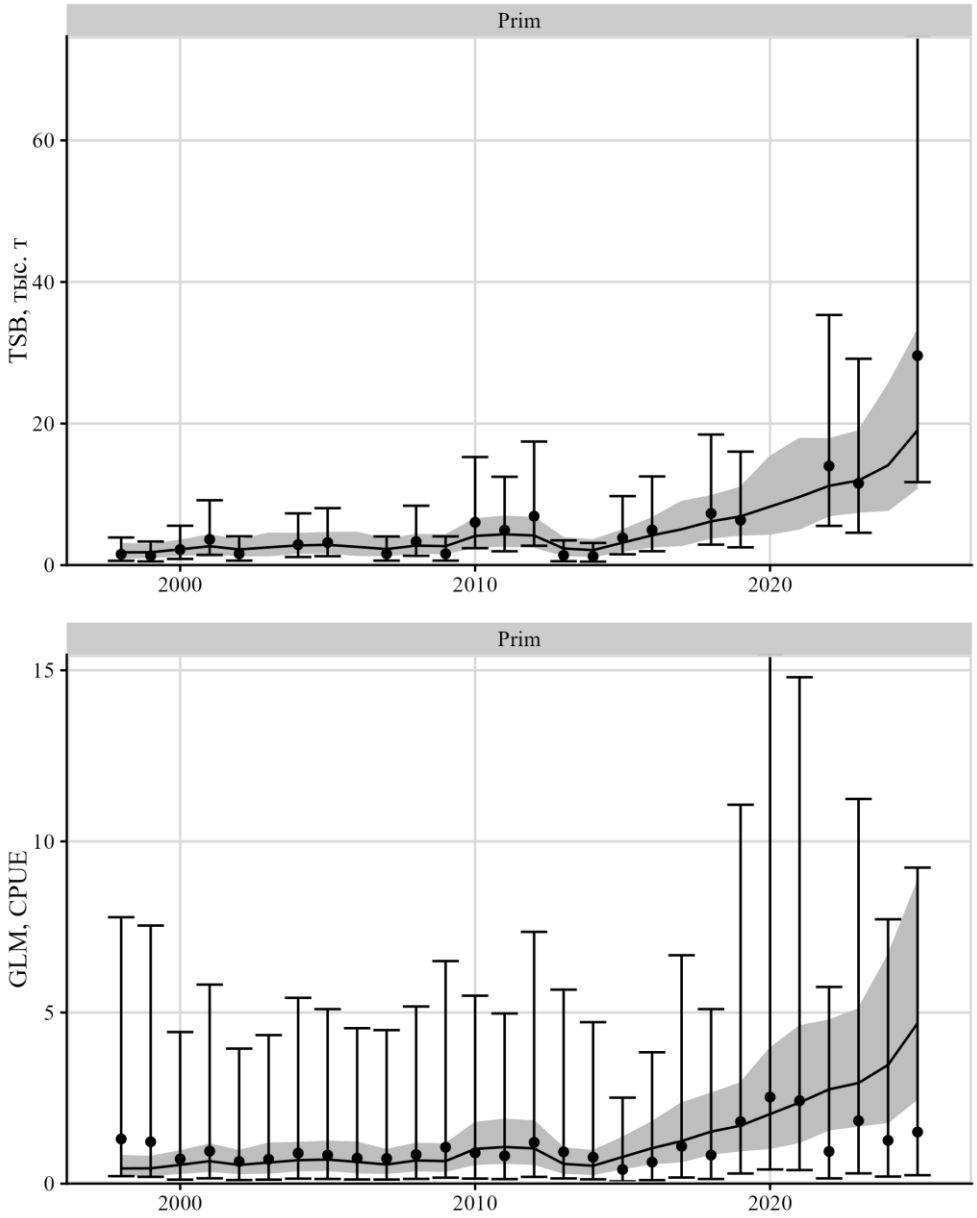


Рис. 151. Заданные оценки TSB и стандартизированного в GLM по формуле (1) индекса CPUE показаны точками с 95% доверительными интервалами (C.I.), показаными усами, а результаты из модели REMA, показанны чёрной кривой в масштабе индекса по формуле (3) и в собственном после экспоненцирования формулы (5), чьи C.I. показаны серой заливкой

Модель REMA описывается по формулам (2–3) для индекса CPUE — I_t и формулам (4—6) для биомассы из научной съёмки — B_t:

$$Ln(I_t) = Ln\left(\hat{I}_t\right) + \epsilon_I, \text{where } \epsilon_I \sim N(0, \sigma^2_{Ln(I_t)}) \quad (2),$$

$$\hat{I}_t = q \times e^{\hat{B}_t} \quad (3),$$

$$Ln(B_t) = Ln\left(\hat{B}_t\right) + \epsilon_B, \text{where } \epsilon_B \sim N(0, \sigma^2_{Ln(B_t)}) \quad (4),$$

$$Ln\left(\hat{B}_t\right) = Ln\left(\hat{B}_{t-1}\right) + \eta_{t-1}, \text{where } \eta_t \sim N(0, \sigma^2_{PE}) \quad (5),$$

$$\sigma_{Ln(B_t)} = \sqrt{Ln\left(\left(\frac{\sigma_{B_t}}{B_t}\right)^2 + 1\right)} \quad (6),$$

где $\hat{I}_t$ – сглаженный индекс CPUE, q – масштабный коэффициент, $\sigma_{Ln(B_t)}$ – стандартное отклонение, приближаемое к коэффициенту вариации биомассы из научной съёмки σ_{B_t}/B_t, который здесь задан равным 0,5; $Ln\left(\hat{B}_t\right)$ – латентная переменная состояния биомассы в виде серии случайных эффектов для уравнения наблюдения (4) со стартовым значением для случайного блуждания, σ^2_{PE} – дисперсия ошибки процесса, оцениваемая в модели REMA; $\sigma^2_{Ln(I_t)}$ – дисперсия соответствующая найденной для коэффициента каждого года в GLM.

Стоит напомнить, что $\sigma^2_{Ln(I_t)}$ найдена в GLM от 1,14 до 1,17. Дополнительно при настройке REMA статистический вес съёмок увеличен в 2 раза. В итоге оценки биомасс по съёмкам были более чем в 4 раза информативнее в настройке REMA.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Приказ № 104 требует проводить ретроспективный анализ – это применение модели с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, как доказательство устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности. Сравнение производится относительно настройки с полным набором данных.

Ретроспективный анализ оценок нерестовой биомассы (SSB) в СКМ с UKS за 5 лет показывает хорошую сходимость SSB, выражаемую через показатель Мона ρ = –0,055, но очевидны значительные расхождения в уровне SSB с 2000 по 2019 гг. (рис. 152).

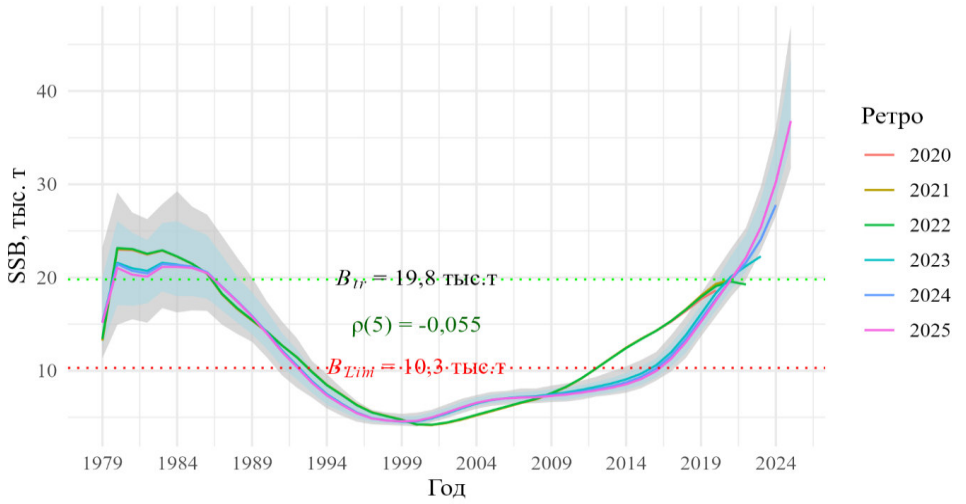


Рис. 152. Ретроспективные оценки нерестовой биомассы (SSB) трески в подзоне Приморье в СКМ с UKS. Серой заливкой показан 95% доверительный интервал (C.I.), а голубой заливкой – 80% C.I терминальной оценки

По промысловой смертности (F) ретроспективные смещения СКМ с UKS уже не находятся в допустимых пределах ρ от –0,15 до 0,2, хотя всё ещё

в пределах 95% доверительного интервала, составив 0,394, но систематическое завышение F ведёт лишь к более предосторожному подходу (рис. 153).

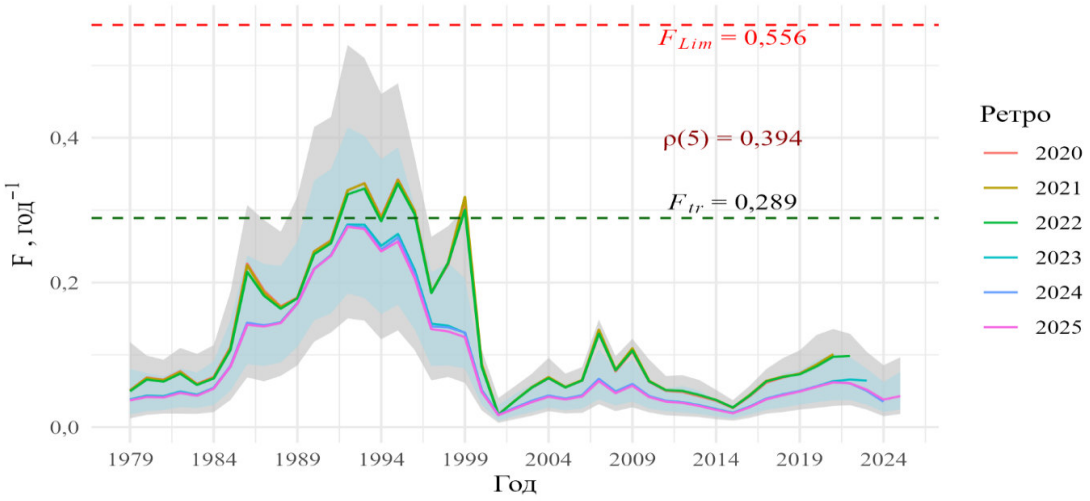


Рис. 153. Ретроспективные оценки SSB трески в подзоне Приморье в СКМ с UKS. Серой заливкой показан 95% доверительный интервал (C.I.), а голубой заливкой – 80% C.I терминальной оценки

С одной стороны СКМ с UKS проходит проверку ретроспективного анализа по SSB по показателю Мона, но с другой даже в рамках данной настройки динамика SSB по наборам данных до 2020, 2021 и 2022 гг. значительно отличается. Более того, уровень SSB изменился относительно результатов прошлогодней конфигурации. Почти двукратный рост биомассы из научных съёмок с 2023 г. к 2025 г. повлиял на весь уровень биомассы, включая SSB. В связи с обнаружением значительных изменений SSB в ретроспективных оценках, а также высокого показателя Мона (ρ) по промысловой смертности требуется пересмотр ориентиров.

Определение биологических ориентиров

Сначала биологические ориентиры в СКМ с UKS с найдены по равновесным кривым при средней за 10 лет величине пополнения годовиками с 2014 по 2023 гг. (17,04 млн экз.) и остальных средних параметрах за последние 10 лет (рис. 154), а затем они установлены в результате 500 статистических испытаний методом Монте–Карло (табл. 21).

Ориентир по эксплуатации F_0 = 0. Граничный ориентир F_{Lim} выбран на уровне 50% перцентиля (медианы) 20 % девственного запаса (F_{Lim} ($B_{20\%Bvir}$)), т.е. **F_{Lim}=0,556 год$^{-1}$**, что очень близко к ориентиру, максимизирующему улов на рекрута (F_{max} по медиане равен 0,532 год$^{-1}$).

Граничный ориентир по нерестовой биомассе используется для оценки риска перелова по пополнению. Он установлен на уровне медианы SSB(**F_{Lim}**), т.е. **B_{Lim} = 10,3 тыс. т**, что очень близко к уровню, выбранному в прошлом году (9,04 тыс. т).

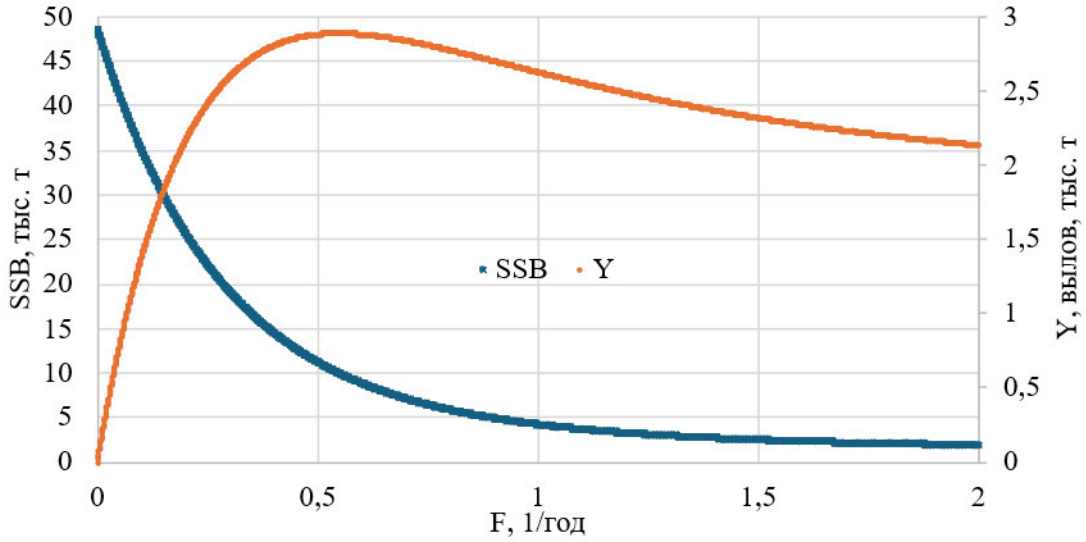


Рис. 154. Равновесные кривые SSB и улова (Y) на рекрута (R) в СКМ с UKS

Таблица 21

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров для трески в подзоне Приморье со средним пополнением с 2014 по 2023 гг.

	2,5%	**5%**	**25%**	**50%**	**75%**	**95%**	**97,5%**	**Среднее**	**SE**
F_{Lim} (Caddy), 1/год	0,450	0,458	0,481	0,500	0,517	0,541	0,547	0,499	0,026
F_{max}, 1/год	0,454	0,467	0,509	0,532	0,559	0,595	0,607	0,532	0,039
$F_{40\%}$, 1/год	0,258	0,263	0,280	**0,289**	0,300	0,313	0,317	0,289	0,015
$F_{35\%}$, 1/год	0,300	0,306	0,325	0,336	0,348	0,363	0,368	0,335	0,017
$F_{0,1}$, 1/год	0,299	0,309	0,338	0,355	0,374	0,398	0,405	0,354	0,027
F_{med}, 1/год	0,079	0,084	0,106	0,122	0,138	0,167	0,172	0,124	0,025
F_{Lim} ($B_{20\%Bvir}$), 1/год	0,498	0,508	0,538	**0,556**	0,574	0,596	0,606	0,554	0,027
$B_{20\%Bvir}$, тыс. т	8,464	8,668	9,605	**10,294**	11,050	12,376	12,783	10,463	1,162

Целевой ориентир управления для получения максимального устойчивого вылова (MSY) по промысловой смертности ни по Рикеру, ни по Бивертону–Холту, а также соответствующие им биомассы в этот раз установить не удалось, т. к. их доверительный интервал вышел за пределы допустимых значений по F (стал выше 2) при ошибках выше 0,8, что привело к биомассам в пределах доверительного интервала более 2 млн т. Таким образом, в качестве целевого ориентира по F выбран широко используемый прокси F_{MSY} – это $F_{40\%}$, который по медиане привёл к выбору **F_{tr} =0,289 год$^{-1}$**, а соответствующий ему ориентир по нерестовой биомассе **B_{tr} = SSB(F_{tr})** ≈ **19,8 тыс. т** при пополнении равном 15,3 млн годовиков, что равно величине по съёмке 2025 г. и немного ниже среднего пополнения с 2014 по 2023 гг. (17,04 млн экз.).

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется с

определённой целью. Здесь цель — эксплуатация запаса на уровне максимальной устойчивой продуктивности.

В связи с получением новых данных (по возрастному составу и индексам) ПРП пересмотрено.

Предлагаем кусочно-линейное ПРП по найденным медианам ориентиров, которые считаются более устойчивыми к шуму, чем средние.

Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации…, 2018]:

I – $F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{Lim}$,

II – $F_{reci} = (F_{tr} – F_0)(F_i – F_{Lim})/(F_{tr} – B_{Lim}) + F_0$, при $B_{Lim} < B_i < B_{tr}$,

III – $F_{reci} = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$,

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина F; B_i – величина SSB в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по биомассе, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по F; F_0 – рекомендуемая F для проведения научных исследований; B_{tr} – целевой ориентир по биомассе, тыс. т. Вариант реализации такого ПРП показан ниже (рис. 155).

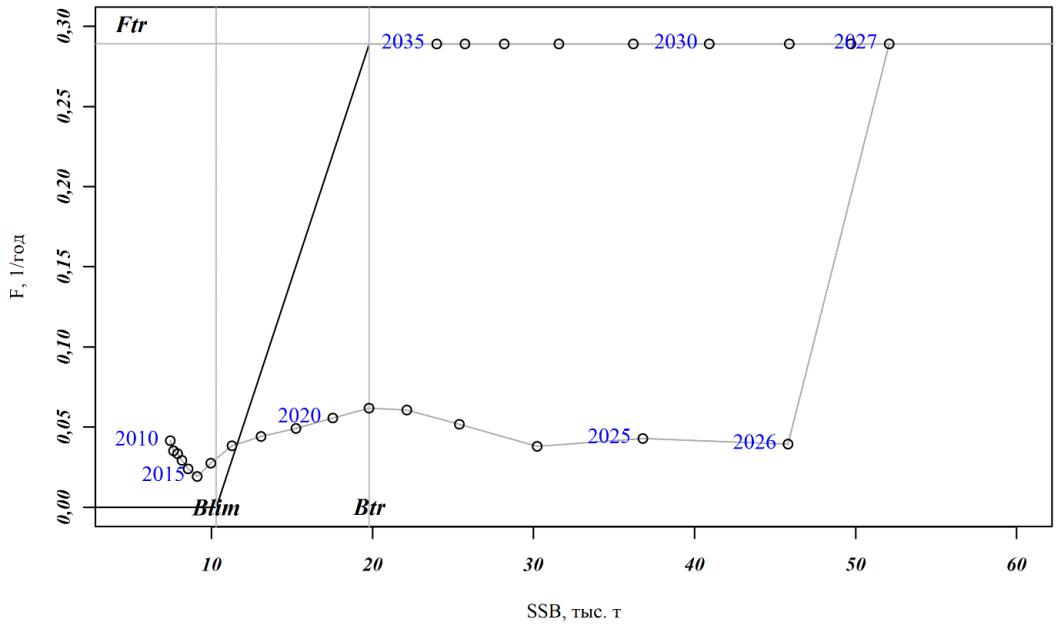


Рис. 155. Реализация ПРП СКМ с UKS при ОДУ по 1,02 тыс. т в 2026 г., а далее по ПРП

Прогнозирование состояния запаса

В СКМ с UKS прогнозирование динамики SSB, от которой и определяется F_{rec}, зависит от пополнения. Допустим, что пополнение будет на уровне 15,3 млн годовиков, что равно величине по съёмке 2025 г. Тогда исполнение разработанного ПРП может привести к следующему вероятному распределению SSB (рис. 156).

Очевидно, что прогнозируется снижение SSB с 2028 г. до целевого уровня B_{tr} при этом более 75% вероятного распределения SSB будет выше целевого уровня B_{tr} до 2035 г. Конечно, при более низком пополнении вероятны более пессимистичные прогнозы, но мы следовали рекомендациям

ФГБНУ «ВНИРО»: «В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимается средняя за последние 5–10 лет оценка численности пополнения» [Методические рекомендации…, 2018], даже более низкую оценку пополнения (15,3 млн экз.), и не одну величину, а его вероятное распределение со стандартной ошибкой от 2,6 до 2,8 млн экз. В такой диапазон входят как высокие, так и низкие уровни пополнения (рис. 157).

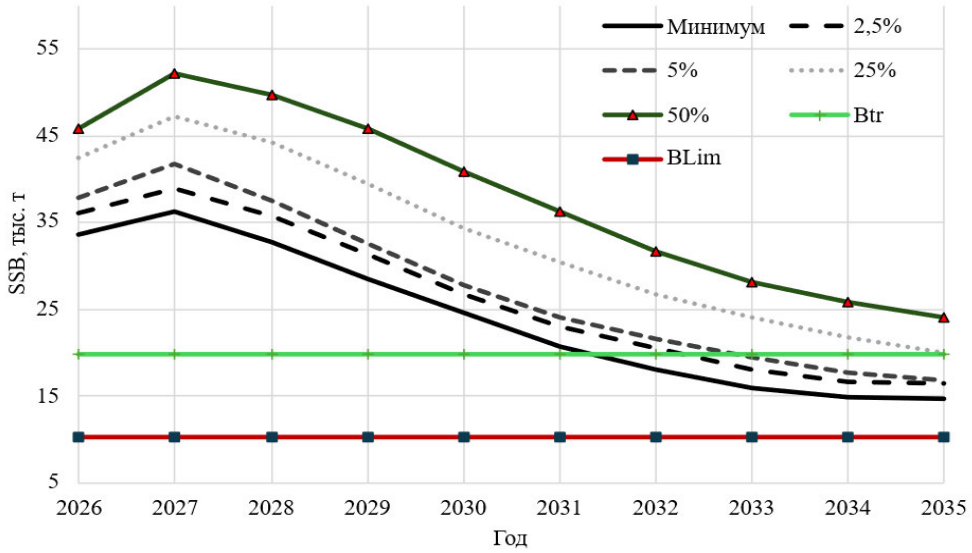


Рис. 156. Перцентили вероятного распределения SSB приморской трески при среднем пополнении годовиками в 15,3 млн рыб

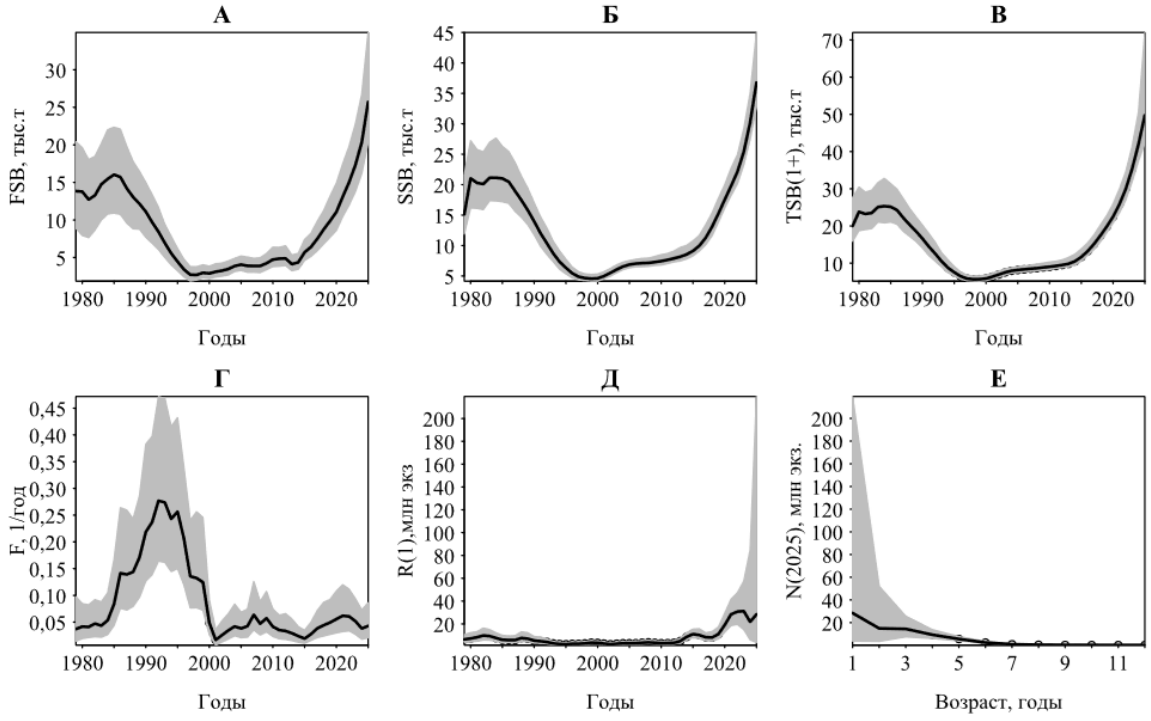


Рис. 157. Результат оценки динамика биомассы промыслового (А), нерестового (Б) и общего запасов, а также промысловой смертности (Г), пополнения (Д) и терминальной численности по возрастам (Е) приморской трески в СКМ в пространстве состояний с UKS (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Разработанное ПРП показывает, что запас в 2027 г. будет находиться в режиме рекомендации к постоянной интенсивности промысла. Это позволяет рекомендовать его эксплуатацию на целевом уровне. Анализ рисков переловов в ближайшие 10 лет показывает, что выбранный целевой ориентир по смертности F_{tr} = 0,289 год$^{-1}$ является достаточно предосторожным (рис. 158). При его длительном использовании (10 лет вперёд) вероятность перелова по росту ниже 0,3, а перелова по пополнению около 0.

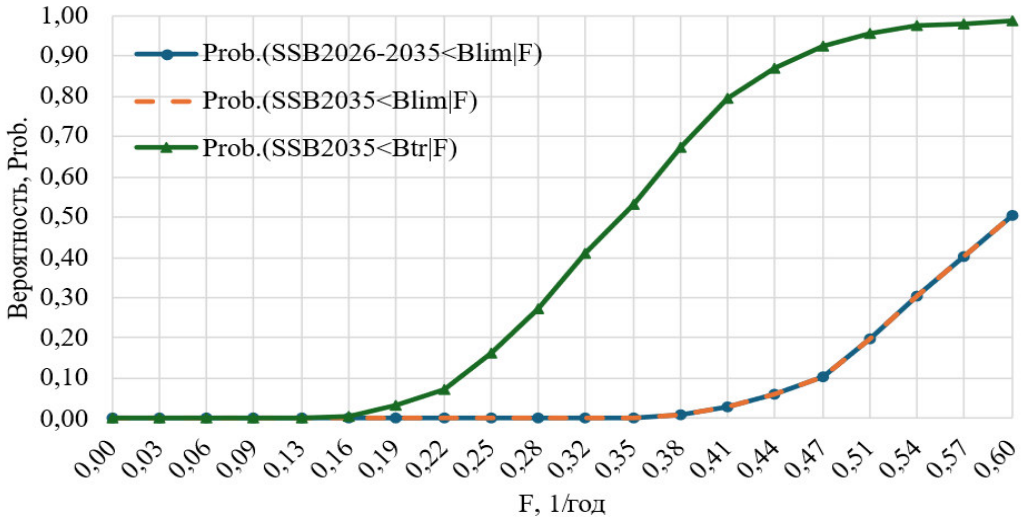


Рис. 158. Оценка вероятностей переловов до 2035 г. при различном уровне F

Анализ рисков полного освоения ОДУ и последующего улова показывает, что никаких переловов с вероятностью 99 % не случится в 2027–2028 гг., если ОДУ в 1,02 тыс. т будет освоен в 2026 г. на 100 %, а в 2027 г. будет выловлено до 7,0 тыс. т (рис. 159).

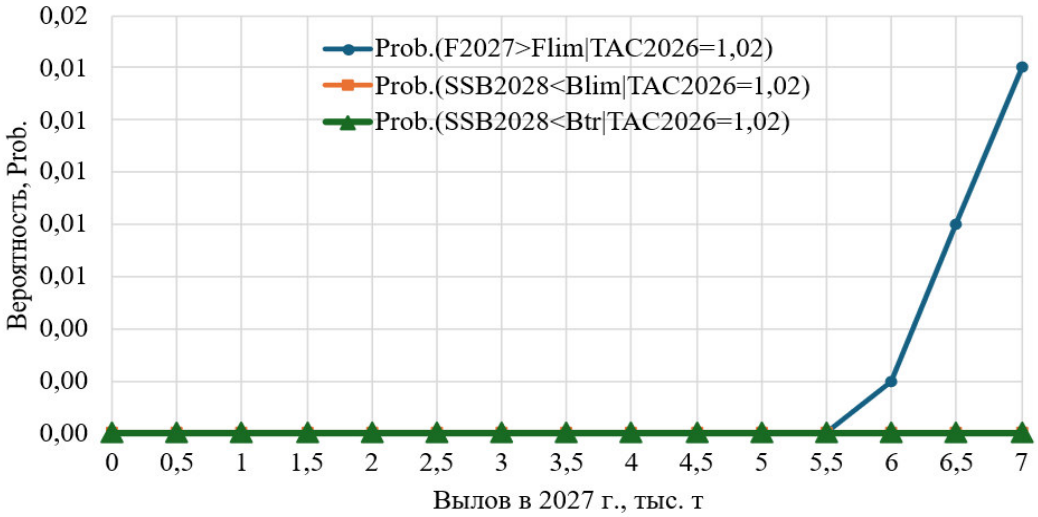


Рис. 159. Оценка вероятностей переловов в 2027–2028 гг. при различном вылове приморской трески в 2027 г. и полном освоении ОДУ = 1,02 тыс. т в 2026 г.

Итак, выбранное ПРП позволит сохранить запас в безопасной зоне эксплуатации, а следование ему в имитационном моделировании показывает распределения вероятного ОДУ по годам (табл. 22). Стабильность ОДУ является одной из целей управления промыслом, поэтому сохранение запаса и стабилизация ОДУ могут быть достигнуты следованием выбранному ПРП.

Таблица 22

Статистические характеристики оценок ОДУ для трески в подзоне Приморье со средним пополнением около 15,3 млн рыб, тыс. т

Год	Минимум	2,50%	5%	25%	50%	75%	95%	97,50%	Максимум	Среднее	SE
2026	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	0,00
2027	3,16	4,05	4,44	5,87	7,43	9,52	17,38	19,35	51,03	8,53	4,49
2028	2,95	3,39	3,70	4,91	6,12	8,14	16,02	18,88	52,27	7,40	4,51
2029	2,75	2,96	3,20	4,08	4,95	6,67	12,84	15,82	41,89	6,06	3,60
2030	2,60	2,78	2,89	3,51	4,14	5,26	9,41	11,55	29,35	4,88	2,49
2031	2,47	2,64	2,70	3,13	3,56	4,32	7,02	8,41	20,22	4,05	1,67
2032	2,18	2,44	2,59	2,87	3,20	3,70	5,38	6,22	13,41	3,48	1,06
2033	1,49	2,13	2,37	2,72	2,98	3,32	4,28	4,71	8,92	3,09	0,69
2034	1,24	1,82	1,98	2,59	2,84	3,09	3,69	4,10	6,37	2,85	0,53
2035	1,24	1,58	1,78	2,46	2,72	2,94	3,38	3,65	4,80	2,67	0,49

Анализ и диагностика полученных результатов

В матрице вылова снова обнаружены огромные ошибки (рис. 160).

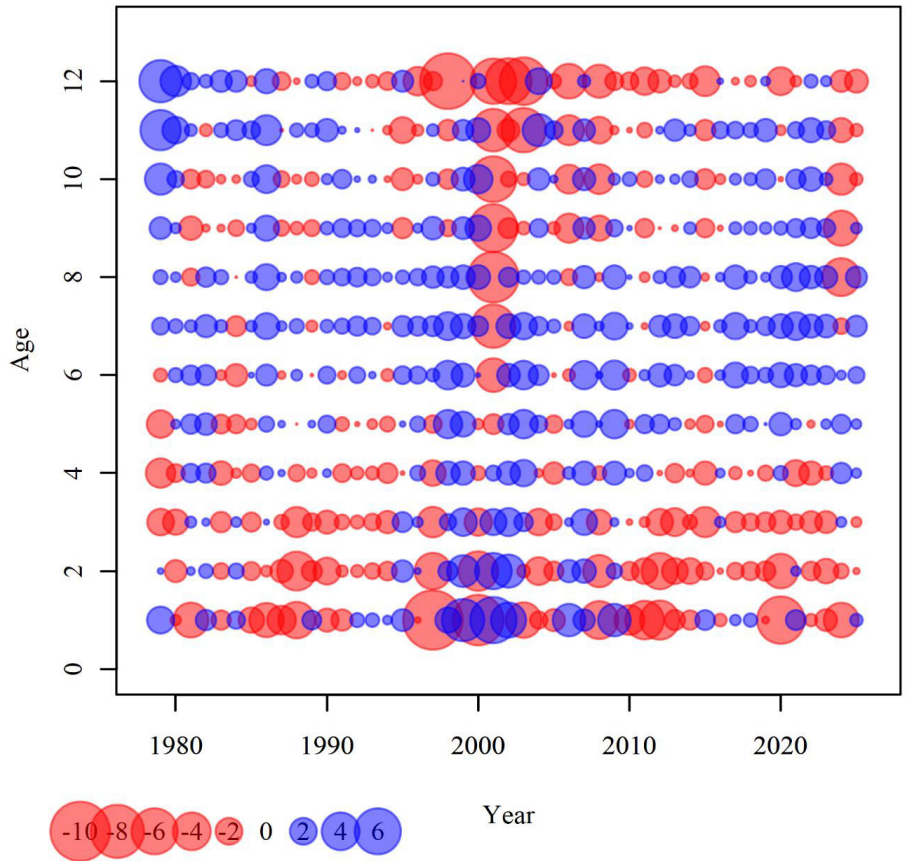


Рис. 160. Отклонения наблюдений возрастного состава уловов от найденных оценок в лог масштабе

Они значимо (p < 0,001) неслучайно разбросаны в пространстве времени по годам. Для сохранения преемственности в качестве одного из настроечных индексов использована SSB из оценки в СКМ «Синтез» двухлетней давности, но он оказался значительно отличным от SSB в терминальной настройке СКМ с UKS по данным до 2025 г. (рис. 161).

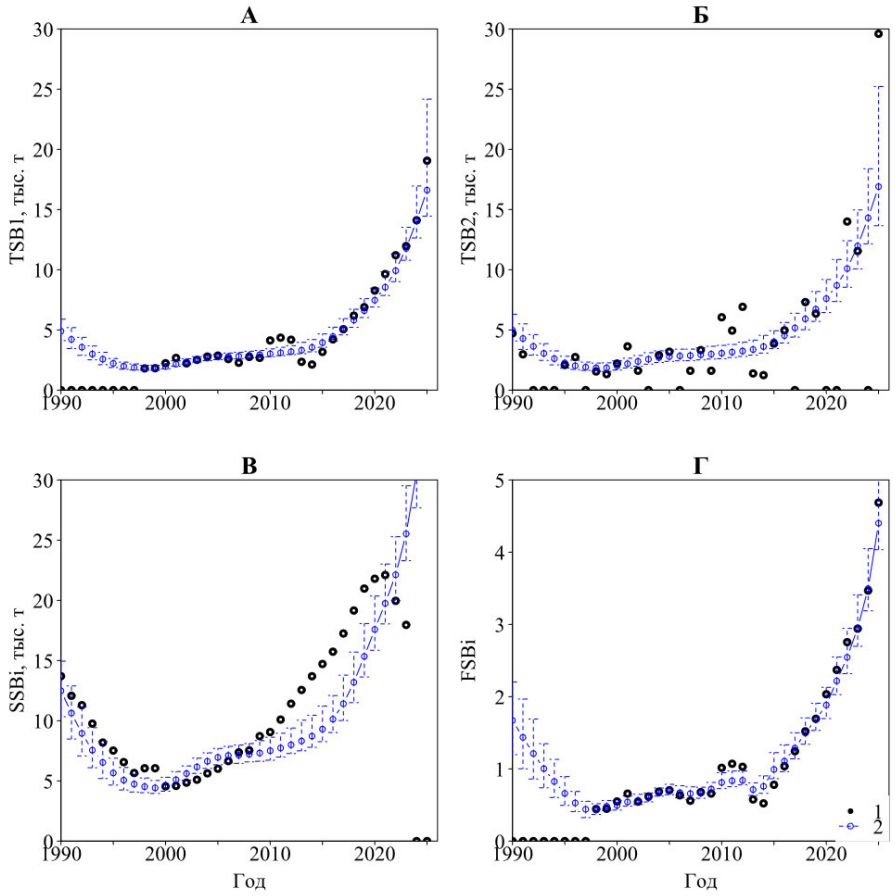


Рис. 161. Результаты оценки запасов приморской трески в СКМ в пространстве состояний с UKS (синие кривые с усами, показывающими 90% C.I.) динамики биомассы общего запаса в сравнении с входным индексом из REMA (А), общего запаса в сравнении с входными оценками по научным ДТ съёмкам (Б), нерестового запаса в сравнении с таковым из последней оценки в СКМ «Синтез» (В), а также промыслового запаса в сравнении со сглаженным в REMA стандартизированным в GLM индексом CPUE (Г)

Исходя из изложенного, предлагается установить ОДУ трески подзоны Приморье на 2027 г. по ПРП до уровня медианы в 7,43 тыс. т (табл. 22), что соответствует цели сохранения состояния запаса на безопасном уровне устойчивых уловов, оценённым по результатам когортного моделирования.

В мировой практике установления ОДУ не рекомендуется резко изменять ОДУ для восстановленных запасов. Даже для такого короткоциклового вида как тихоокеанская сайра в Комиссии по рыболовству в северной части Тихого океана (NPFC) установлено ограничение на изменение ОДУ не более, чем на 10%, несмотря на состояние её запаса, которое было до 2025 г. переловленным по росту. Для трески (Северного моря) ОДУ обычно изменяют не более, чем на 20% [Kvamsdal et al., 2016].

Здесь запас трески можно считать не только восстановленным, но и растущим. По данным научных съёмок с 2023 по 2025 гг. биомасса трески удвоилась, что также повлияло на итоговые оценки SSB в СКМ с UKS. Прогноз показывает продолжение роста SSB до 2027 г. и только затем снижение биомассы, но при следовании ПРП, т.е. при вылове более 7,0 тыс. т в 2027 г., что практически нереально. Есть все основания полагать, что запас продолжит свой рост, поэтому необходимо повысить ОДУ.

Следуя практике не изменять ОДУ более чем на 20%, предлагаем повысить ОДУ с 1,02 тыс. т, утверждённых на 2026 г., на 20% до уровня 1,22 тыс. т на 2027 г.

Резюмируя вышеизложенное, предлагается установить **ОДУ трески в подзоне Приморье в 2027 г.** на уровне **1,220 тыс. т**.

61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона

Исполнитель: Ким Сен Ток («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Прогноз величины допустимого изъятия трески Западно-Сахалинской подзоны базируется на многолетних биологических материалах, данных промысловой статистики и прямых оценках биомассы в ходе учетных донных траловых съемок «СахНИРО». Промысловая статистика получена из судовых суточных донесений (ССД) и промысловой статистики, представленной в Отраслевой системе мониторинга (ОСМ) Росрыболовства за период 2003–2025 гг. В Татарском проливе динамика запасов вида прослеживается методом прямого учета с начала 1980-х гг. До 2003 г. было выполнено восемь зимних тралово-акустических съемок. В 2001–2008 и 2022-2023 гг. осуществлялись весенние учетные работы. В 1983, 1985, 2009, 2013, 2015, 2017–2018, 2020, 2022 и 2024 гг. выполнены летне-осенние съемки, что позволило оценить динамику запасов рыб по разным сезонам. В 2025 г. съемка была выполнена в мае-июне.

В ходе 30 траловых учетных съемок собиралась подробная информация по пространственному распределению, размерно-возрастной структуре и величине биомассы стада. В 2010–2012, 2014, 2016, 2019, 2021 гг. учетные работы в районе не проводились. В 2025 г. в ходе научной съемки объем собранного материала составил 2916 экз. на массовый промер. Перевод размерного состава в возрастной ряд выполнялся по размерно-возрастному ключу.

Возможность получения корректных результатов по численности и динамике запаса, посредством аналитических и продукционных моделей, позволяет установить I уровень информационной обеспеченности обоснования прогноза ОДУ (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Популяционные биологические параметры трески (размерно-возрастная структура стада, темп линейно-весового роста, естественная смертность и плодовитость по возрастам) изучены в достаточной степени. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования правила регулирования промысла (ПРП) на основе «принципа предосторожности». В настоящее время имеющиеся многолетние данные траловых съемок дают возможность производить оценку запасов посредством прямых методов и получать рекомендуемые индексы численности запаса. Альтернативные подходы с помощью аналитических или продукционных моделей эксплуатируемого запаса позволяют рассчитать многолетний тренд изменения численности стада, в том числе на перспективу в два года, и добиться допустимого приближения к индексам численности по учетным съемкам.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Полномасштабный промысел трески в Татарском проливе не проводился со второй половины 1960-х гг. Эта ситуация была обусловлена отсутствием заинтересованности рыбодобывающих предприятий в эксплуатации сравнительно небольшого запаса западно-сахалинской трески, популяция которой длительное время находилась в депрессивном состоянии. В конце прошлого столетия промысловая биомасса большинства стад трески северной части Тихого океана начала снижаться. Это привело к существенному уменьшению величины возможного вылова вида, в том числе в северной части Японского моря. В начале второго десятилетия нового века ресурсы трески стали возрастать, а промысловый запас достиг уровня среднемноголетней величины биомассы стада за рассматриваемый период времени. В последующие годы рост ресурсов продолжался и, судя по имеющимся данным, их объем оказался сопоставим с повышенным уровнем запаса вида, наблюдавшимся во второй половине 1980-х – в начале 1990-х гг.

В последние годы величина ОДУ была увеличена от 3,6 тыс. т в 2019 г. до 9,0 тыс. т в 2025 г. (табл. 23). Годовой вылов трески увеличился от 2645 т (2019 г.) до 7204 т (2025 г.). В 2019–2025 гг. абсолютный вылов превышал годовые уловы последних шестидесяти лет и составлял 65,1–94,7% ОДУ. Информация ОСМ Росрыболовства показывает, что за 2019–2025 гг. среднемноголетний уровень освоения достиг 77,1% ОДУ. Высокий темп эксплуатации запаса последних лет объясняется интенсификацией специализированного лова объекта и пополнением рыболовного флота.

Современный район промысла трески локализован в зоне юго-западного побережья о-ва Сахалин на глубинах от 50 до 800 м (рис. 162). Промысел снюрреводами производится малотоннажным флотом преимущественно в весенне-летний период в шельфовой зоне в пределах изобат 50–100 м. С появлением судов типа РС в 2018 г., снюрреводный промысел расширился на большие глубины в зону изобат 100-500 м. С 2019 г. снюрреводный промысел стал круглогодичным, с охватом зимой

глубин от 300 до 500 м, а в теплый период года – 50–200 м. Ярусный промысел велся среднетоннажными судами преимущественно в конце промыслового сезона (сентябрь–декабрь) в зоне свала глубин, где располагаются осенне-зимние промысловые скопления рыб. В 2020–2025 гг. отмечен интенсивный промысел ярусами и снюрреводами в январе–мае на глубинах 200-500 м.

Таблица 23

Годовой вылов трески в Западно-Сахалинской подзоне, т

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ОДУ	3600	5600	5400	5300	6500	8400	9000
Вылов	2644,8	3643,9	4493,9	5018,9	4715,0	5967,9	7203,6
Освоение, %	73,5	65,1	83,2	94,7	72,5	71,0	80,0

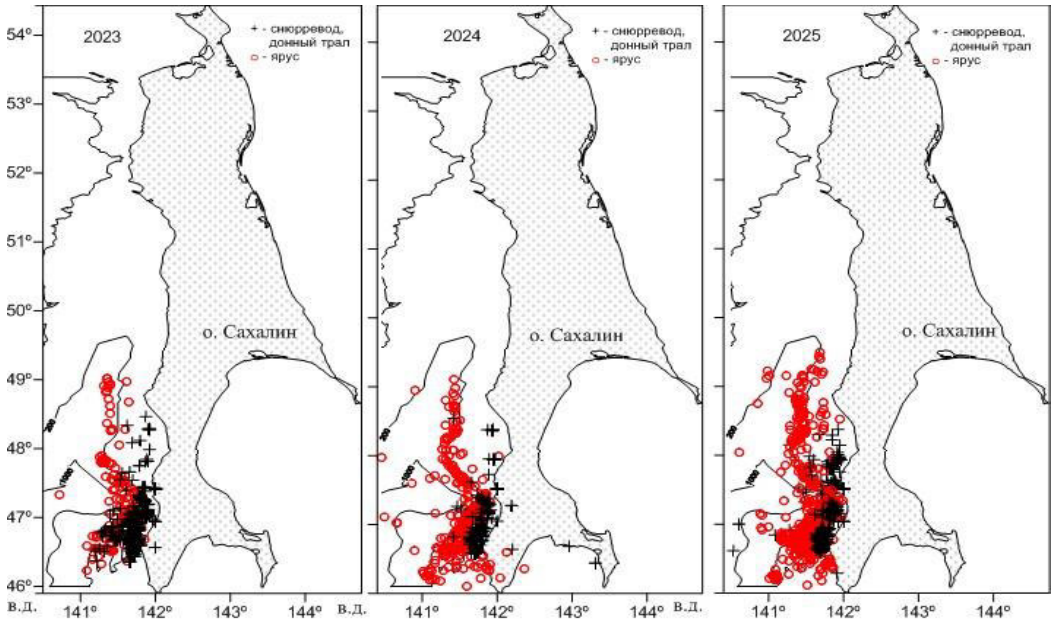


Рис. 162. Район промысла трески в 2023-2025 гг.

Динамика промысла западносахалинской трески в последние десятилетия характеризовалась заметными изменениями, связанными с поиском оптимальной сезонной схемы. Этот этап завершился переходом в 2007 г. к формированию осенне-зимнего ярусного и весенне-летнего снюрреводного лова (на преднерестовых нагульных скоплениях) (рис. 163). В сентябре–декабре добывали в среднем 62–94% от всего годового объема вылова разными типами судов. В 2017–2025 гг. относительно высокие уловы вида наблюдались в начальный период промысла – в январе–апреле, а во второй половине года уловы снизились до 10-40%. В среднемноголетнем аспекте за 2016–2025 гг., на промысле доля вылова малотоннажных судов составляла 55% от общего вылова, а среднетоннажных — 43%. С 2020 г. в район промысла эпизодически стали заходить крупнотоннажные суда, но их доля в общегодовом вылове трески не превысила 5,5% (2020 г.). Основу добычи для МТФ формировал снюрреводный лов (100%), для СТФ –

ярусный вылов (93%). Крупнотоннажные суда типа РТМ использовали преимущественно разноглубинные тралы. До 2011 г. для малотоннажных судов немаловажное значение имел вылов ярусами (42%). Также применялись экспериментальные виды промысла, так в отдельные месяцы 2007–2009 гг. использовались донные ставные сети. За счет заметного изъятия в 2007–2009 гг., среднемноголетний уровень освоения в эти годы среднетоннажными судами, оснащенными донными сетями, составлял 15%. В 2005–2012 гг. применялись специализированные ловушки.

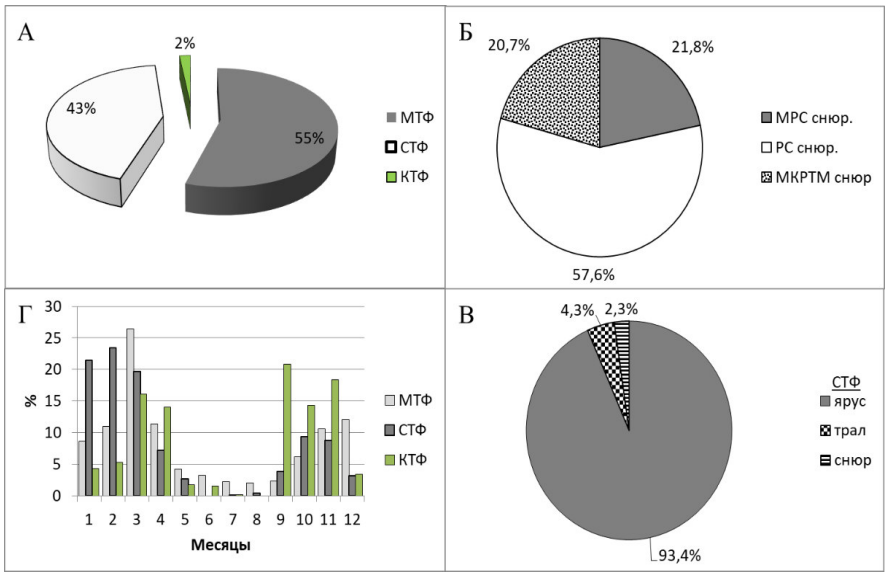


Рис. 163. Среднемноголетняя статистика промысла трески по типам судов (А), орудиям лова (Б, В) и месяцам года (Г) в период 2016–2025 гг.

Общая динамика уловов на усилие для основных типов судов и орудий лова в регионе характеризуется значительными межгодовыми колебаниями (рис. 164). Ярусный промысел МТФ демонстрировал снижение улова на усилие в течение 2003–2006 гг., но в 2007–2011 гг. показал их существенный рост – до 0,4–0,7 т на постановку. Впоследствии данный вид промысла прекратился. Ярусный лов СТФ не характеризовался высокими показателями до 2006 г., но затем улов на постановку начал постепенно нарастать, увеличившись до 1,7 т в 2014 г. В последующие два года он резко снизился, составив 0,4 т. В 2017–2021 гг. улов на усилие вновь стал возрастать, достигнув 3,3 т. В 2022-2025 гг. данный показатель снижался, находясь в пределах 2,5-1,4 т. При этом общая интенсивность ярусного промысла СТФ в районе наоборот увеличилась, за счет резкого роста количества усилий. Величина годового вылова ярусом достигла в 2025 г. уровня 3335 т или 46,3% от общего улова. В последнее десятилетие годовой вылов на этом виде лова составлял в среднем 1382,3 т, варьируя от 234,8 до 3335,3 т.

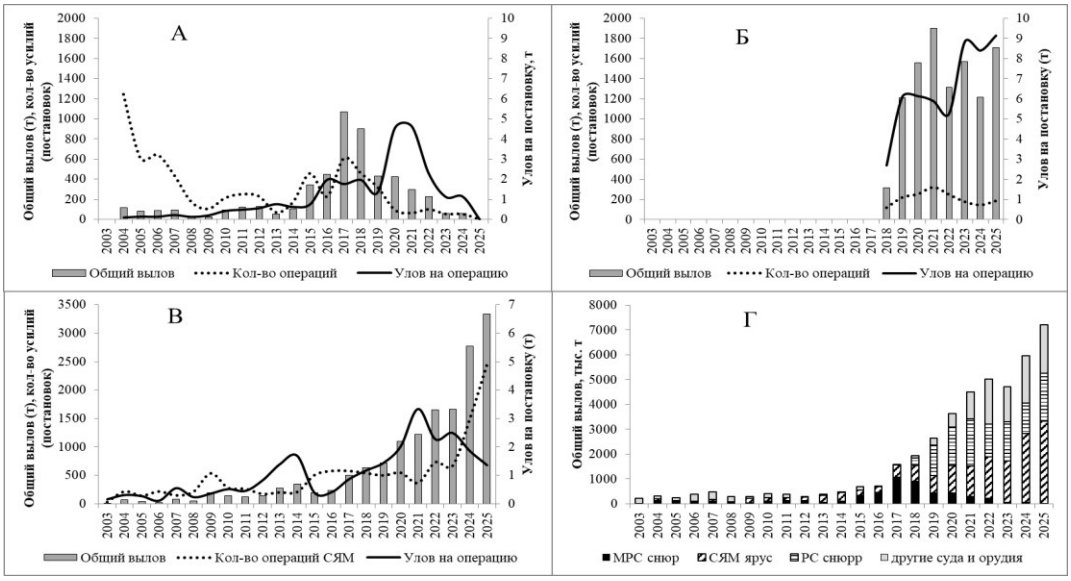


Рис. 164. Динамика основных параметров промысла трески в 2003–2025 гг., снюрреводный лов МРС (А) и РС (Б), ярусный лов СЯМ (В), общий вылов в районе всеми орудиями лова (Г)

Традиционный снюрреводный промысел трески в водах западного Сахалина судами типа МРС в последнее десятилетие постепенно сокращался, а в 2025 г. был полностью прекращен. Общая картина изменения уловов на снюрреводном промысле МРС в целом соответствовала ярусному промыслу. После 2006 г. наблюдался непрерывный рост улова на усилие, максимальный показатель которого – до 4,6 т на постановку снюрревода, был отмечен в 2021 г. В 2022-2024 гг. улов на усилие уменьшился до 1,1 т с сокращением годового вылова до минимального уровня в 60 т. Замена устаревшего флота МРС на более крупные суда типа РС, также вооруженные снюрреводами и применяющими более активную тактику промысла, началась в 2017 г. В 2018–2021 гг. доля судов типа РС в годовой добыче увеличилась от 16,3 до 42,3% (в абсолютных значениях от 318 до 1901 т). В 2022-2025 гг. интенсивность промысла судов типа РС несколько снизилась до 20,4-33,4% (1218-1926 т/год.) Средний улов на усилие в 2025 г. составил 9,1 т, что на 8,3% больше прошлогоднего значения (8,4 т). При этом, годовой вылов РС был наибольшим в 2021 г., а в последующие годы несколько снизился.

Представленная информация касается показателей при отсутствии полноценного специализированного промысла до 2016 г. Недостаточная интенсивность лова могла вызывать случайные изменения улова на усилие, обусловленные не состоянием запаса, а изменением пространственной структуры скоплений рыб, их сезонных миграций, а также нестабильной работой рыбодобывающих компаний. Подобные изменения могут объяснять резкие скачки в динамике основных параметров промысла. Характерно, что вплоть до 2021 г., на фоне выраженного периода роста уловов на усилие, многолетний тренд общего вылова оставался положительным, а затраченное на промысле количество усилий снижалось. Вероятными причинами этого могло быть недостаточное количество судов на промысле или ограничения

рынка сбыта. В 2022-2025 гг. показатели промысла в целом остаются высокими, исключая сегмент сокращающегося маломерного флота.

Промысловые ресурсы трески в западных водах о-ва Сахалин оценивались на протяжении последних 35 лет преимущественно методом прямого тралового учета. Использование промысловых данных ограничивалось слабым развитием рыболовства, наблюдавшимся на фоне низкого уровня численности стада. С 2016 г., в условиях роста интенсивности промысла, для оценки запаса стали применяться методы когортного анализа с использованием данных промысловой статистики.

До 2003 г. в районе осуществлялись зимние траловые учетные работы с оконтуриванием нерестовых зон и определением плотности концентраций рыб в них, что позволяло учитывать нерестовую часть стада и рассчитывать долю возможного изъятия. Так как рекомендовалось поднять величину промысловой меры до 50 см (возраста начала полового созревания), промысловый запас принимался равным уровню нерестового запаса. После 2003 г. зимние учетные работы были прекращены ввиду малочисленности нерестовых скоплений в предыдущие три года, и учет трески стал проводиться весной в рамках комплексных многовидовых съемок. В 2003-2005 гг. они показали снижение промысловой биомассы стада до минимальных значений – 1,4–4,9 тыс. т.

Дальнейшие мониторинговые исследования были эпизодичными и свидетельствовали о низком уровне численности вплоть до 2007–2009 гг., что согласуется с данными промысловой статистики. Учетные съемки, проведенные в сентябре–октябре 2013 г., в июне–июле 2015 г., в сентябре–октябре 2017 г., в июне–июле 2018 г., в мае–июне 2020, 2022 гг. показали рост учтенной биомассы с широким распространением нагульных скоплений вдоль всего побережья острова. В 2023-2025 гг. плотность осенних концентраций рыб была ниже, треска распределялась южнее 50° с.ш. (рис. 165).

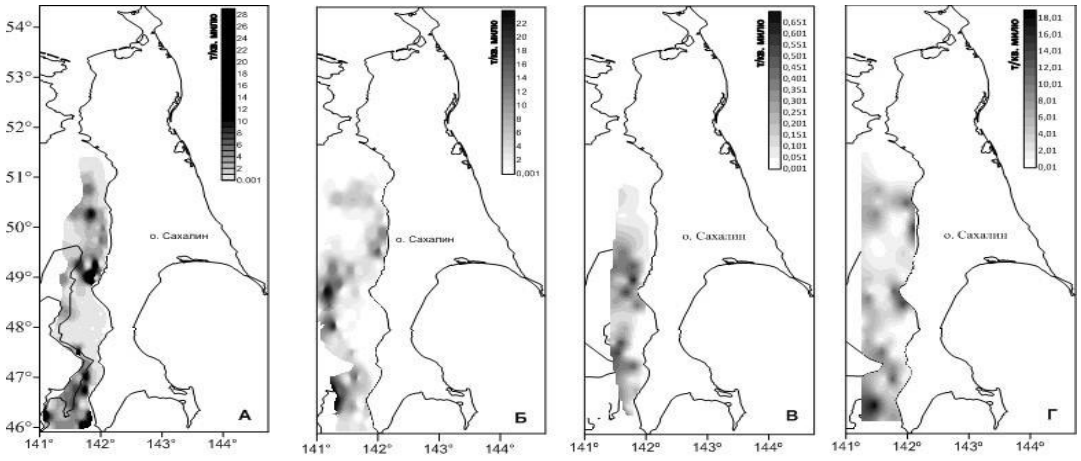


Рис. 165. Распределение биомассы трески у западного Сахалина в мае-июне 2020 г. (А), в мае-июне 2022 г. (Б), в сентябре-октябре 2024 г. (В) и в мае-тюне 2025 г. (Г), т/милю^2

Размерный состав трески в траловых уловах НИС и в уловах промысловых судов в 2015–2025 гг. определялся последовательной сменой отдельных возрастных групп, проявлявшихся по мере взросления и убывавших с течением лет (рис. 166, 167). Средние размеры тела рыб оставались преимущественно стабильными, за исключением 2015 г., когда была отмечена необычно высокая доля двухлетней молоди. В ходе траловых съемок 2024-2025 гг. численность молоди 1-2 лет была также повышенной. В промысловых уловах обычно доминировали среднеразмерные рыбы длиной 35–75 см, а весь ряд был представлен особями от 15 до 110 см.

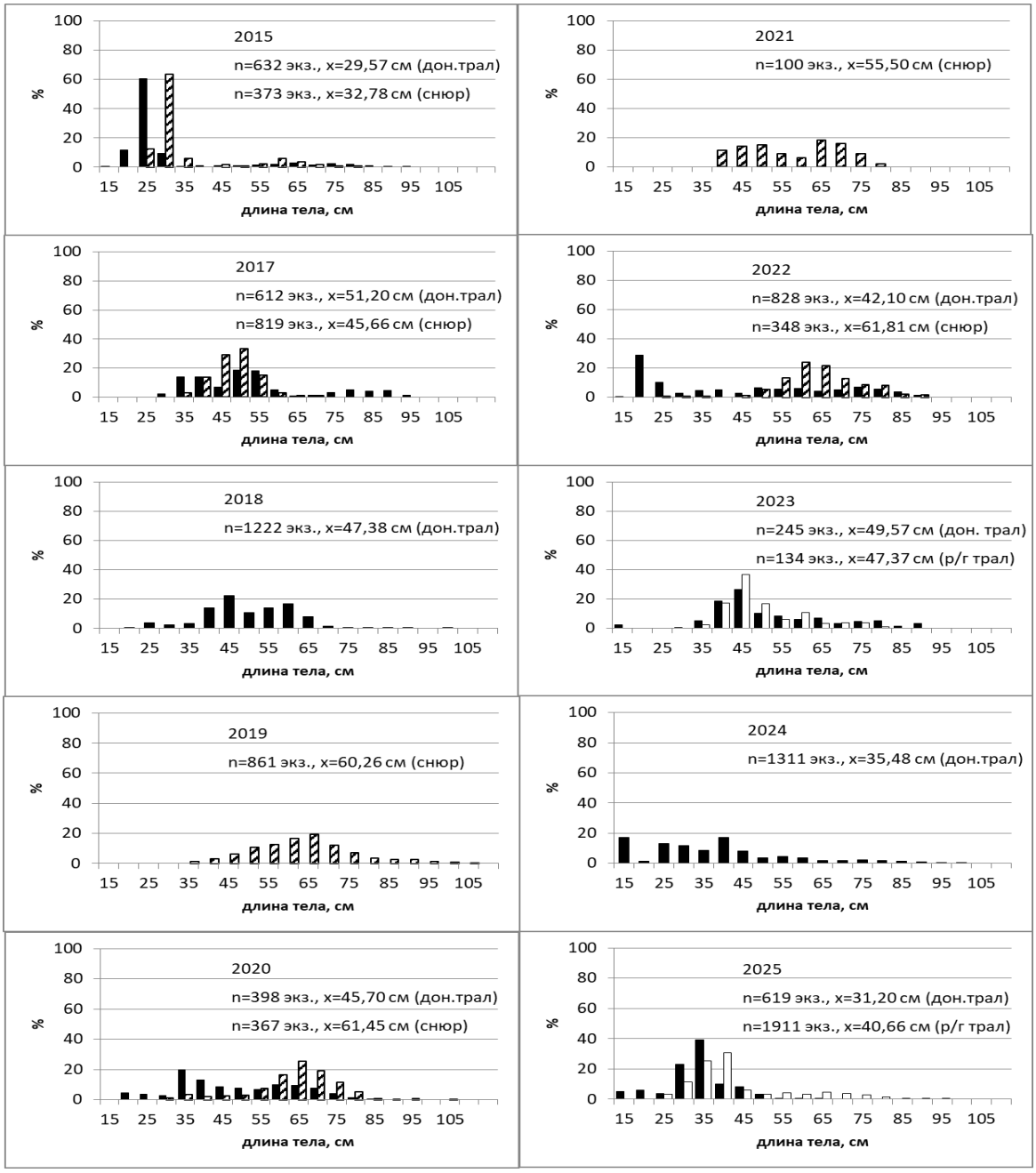


Рис. 166. Размерный состав трески по траловым и снюрреводным уловам у западного Сахалина в 2015–2025 гг., %, черные столбцы – научные донные траловые уловы, светлые столбцы – промысловые разноглубинные траловые уловы, столбцы с диагональной расчерченностью – промысловые снюрреводные уловы

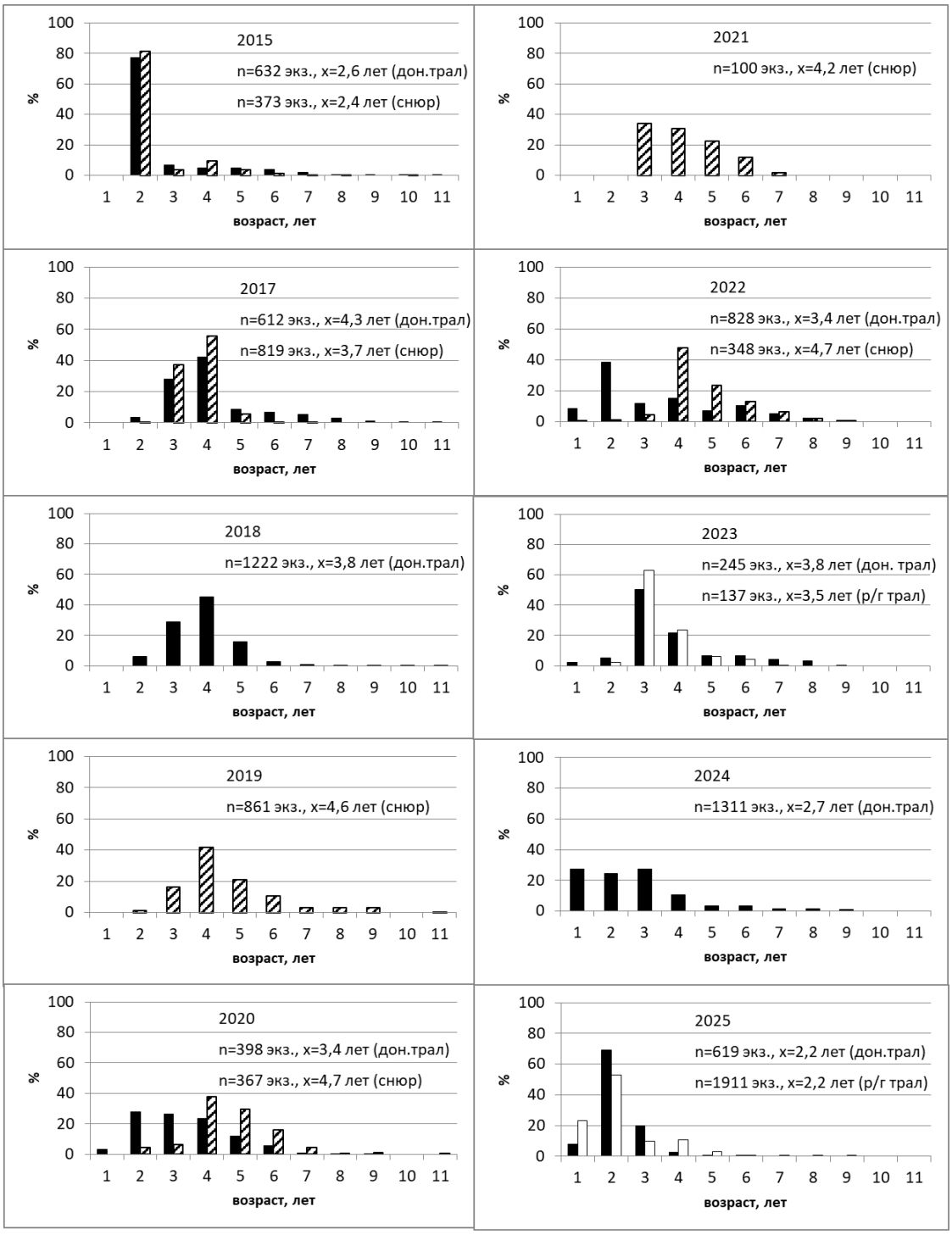


Рис. 167. Возрастной состав трески по траловым и снюрреводным уловам у западного Сахалина в 2015–2025 гг., %, черные столбцы – научные траловые уловы, светлые столбцы – промысловые разноглубинные траловые уловы, столбцы с диагональной расчерченностью – промысловые снюрреводные уловы

С 2015 г. размерно-возрастную структуру стада определяло урожайное поколение 2013 г. рождения, а доля рыб 2-летнего возраста длиной 20–30 см достигала 82,2% в общей численности учтенного стада. Ее обилие подтверждалось информацией 2017 г., когда доля численности рыб в возрасте 4 года в стаде составила 42,1% по данным траловой съемки и 55,8% по результатам снюрреводных уловов. Это же поколение в 5-летнем возрасте

(55–65 см), по данным траловой съемки 2018 г., составляло по численности 16%, уступив доле доминирующих 4-леток длиной 45–60 см (2014 г. рождения) – 45% и 3-леток (2015 г. рождения) длиной преимущественно 40–45 см – 29,0%. В снюрреводных уловах 2019 г. преобладали рыбы 50–70 см (71,1%) возрастом от 3 до 6 лет (2013–2016 гг. рождения). Четырехлетки поколения 2015 г. формировали доминирующую группу с долей 41,7% от общей численности стада. В 2020 г. основу научных уловов составило пополнение – особи 2–4 лет (78,1% от всей численности), тогда как в промысловых уловах доминировали рыбы 2015-2016 гг. рождения, т.е. 4–5-летки. В 2021 г. в промысловом стаде преобладали 3-4 летки 2017-2018 гг. рождения, совместная доля которых достигала 64,4% от общей численности уловов. В 2022 г. доминировали те же возрастные группы 2017-2018 гг. рождения с общей долей в промысловом стаде по численности уже 70,5%. Хотя в промысловом стаде преобладали 4-5-летки, в общем стаде отмечена повышенная доля 2-леток 2020 г. рождения (38,4%). В 2023 г. преобладали рыбы 3-4-летнего возраста двух поколений 2019-2020 гг. рождения. Поколение 2020 г. представляло в уловах 50,4% по численности. В 2024 г. основу научных уловов составляла молодь 1-3-летнего возраста длиной до 40-45 см. Половозрелые особи суммарно не превышали 19% от всей численности рыб. Доминировали поколения 2021-2023 гг. рождения. В 2025 г. и в научных, и в промысловых уловах отмечена повышенная доля трески длиной 30-40 см в возрасте 2 лет (52,9-69,2% от общей численности), представляющей поколение 2023 г. рождения. Рыбы промыслового размера составляли в промысловых уловах 30% общей численности. В последние 5 лет наблюдалась смена доминантных групп. Значимость поколения 2018 г., которое в 2021-2022 гг. в возрасте 3-4 лет была высокой, постепенно сокращается, из-за интенсивной элиминации старшевозрастных особей. В последние 3 года в промысловом стаде проявляется повышенная доля молоди на фоне снижения численности половозрелых особей.

Осредненный возраст рыб в популяции от периода 1994–1997 гг. к 1998–2003 гг., а затем к 2005–2009 гг. увеличился от 3,8 до 4,2 лет. Средняя доля половозрелых особей крупнее 55 см в вышеуказанные отрезки времени соответственно возрастала от 36,5 до 40,0 и 51,9% от численности всего стада. В 2010–2014 гг. средний возраст достиг уровня 4,6 лет, в 2015–2020 гг. – уменьшился до 3,7 лет, а в 2021-2025 гг. – 3,2 года. В 2010–2014 гг. средняя доля половозрелых особей составила 60,8%, в 2015–2020 гг., этот показатель, аналогично динамике среднего возраста, снизился до 40,8%. В 2022 г. эта величина составила 38,6%, в 2023 г. – 37,6%, в 2024 г. – 18,9%, в 2025 г. – 30%. Таким образом, если примерно до 2014 г. средние размерно-возрастные показатели рыб указывали на общее старение стада, но впоследствии стали отмечаться признаки увеличения пополнения.

Характерной чертой происходящих в последнее десятилетие изменений в структуре стада является формирование основы запаса из 2-4 поколений. Среди относительно урожайных поколений ранее можно было выделить рыб 2007 и 2013 гг. рождения, в настоящее время уже вышедших из промысловой

части стада. В 2019–2020 гг. в промысловых уловах было заметно влияние поколений 2014–2016 гг. рождения. В 2020–2022 гг., с учетом относительно высокого пополнения 2017–2018 гг. рождения, рост стада продолжился. В 2023-2025 гг. были отмечены поколения повышенной урожайности 2020-2023 гг. рождения, составляющие сейчас основу численности стада.

Методы прямого учета. Впервые промысловая биомасса трески в западных водах Сахалина с применением учетной траловой съемки оценена в 1983 г. Расчетный запас промысловой части стада в этом году составил 13,8 тыс. т. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. промысловая биомасса трески в районе достигла примерно 27,5–29,6 тыс. т. В последующем ресурсы вида начали снижаться – до 23,0 тыс. т в 1996 г., и до 16,7 тыс. т в 2000 г. Зимние учетные съемки, проведенные в 2002–2003 гг. у берегов западного Сахалина, показали отсутствие крупных нерестовых скоплений трески. Весенние и осенние траловые съемки, выполнявшиеся в 2002–2009 гг., показали низкий промысловый запас (в пределах от 1,4 до 4,9 тыс. т).

В 2013 г. траловая учетная съемка в западных водах Сахалина продемонстрировала резкое увеличение промысловой биомассы вида до 14,8 тыс. т. В июне–июле 2015 г. промысловая биомасса вида составила 16,8 тыс. т, причем необычно высокой оказалась доля молоди поколения 2013 г. рождения. В августе–сентябре 2017 г. съемка показала промысловая биомассу на уровне примерно 21,0 тыс. т, возросшую за счет 4-леток поколения 2013 г. В июне–июле 2018 г. расчетная величина промысловой биомассы стада составила около 28,0 тыс. т. В мае–июне 2020 г. промысловая биомасса достигла 40,0 тыс. т. В 2022 г. ее величина возросла до 45,1 тыс. т. В марте-апреле 2023 г. траловая учетная съемка показала промысловую биомассу стада равную 37,6 тыс. т. В сентябре-октябре 2024 г. учетные работы представили промысловую биомассу вида, не превышающую 25,5 тыс. т. В мае-июне 2025 г. расчетная величина промысловой биомассы стада составила 23,8 тыс. т. В целом, информация 2013–2025 гг. позволяет утверждать, что запасы западно-сахалинской популяции трески, после многолетней депрессии наблюдавшейся со второй половины 1990-х гг., заметно восстановились. Вместе с тем, в последние годы отмечается некоторое снижение ресурсов трески в районе, по всей видимости, обусловленное естественной динамикой запасов вида.

В обозримом прошлом, минимальный уровень запасов трески наблюдался в конце 1970-х гг. и существовал в 2000-х гг., максимальный уровень прослеживался в конце 1980-х – начале 1990-х гг. С конца 2010-х гг. до начала 2020-х гг. наблюдался очередной рост ресурсов. Эти колебания обусловлены естественной динамикой местной популяции вида. Следует отметить, что период похолодания, наступивший в середине 1990–х гг. прошлого столетия, нашел отражение в динамике численности многих массовых видов рыб в конце 1990-х – начале 2000-х гг. [Шунтов др., 1997].

Метод когортного анализа. Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., в перечень моделей этого типа для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ,

наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ICES и других научных рыбохозяйственных организаций, включена модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. Наряду с другими известными моделями, с 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов биологических ресурсов, к которым относится треска [Методические рекомендации, 2018].

Модель «Синтез» принадлежит к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные черты сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al, 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. [Quinn and Deriso, 1999]. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе «КамчатНИРО».

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие программного обеспечения, а также факт, что в 2016 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

В качестве входной информации для модели использованы:

– матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 2 до 11 полных лет) и годам промысла (от 1994 до 2025 гг.);

– среднемноголетние значения массы (рис. 168), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);

– мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

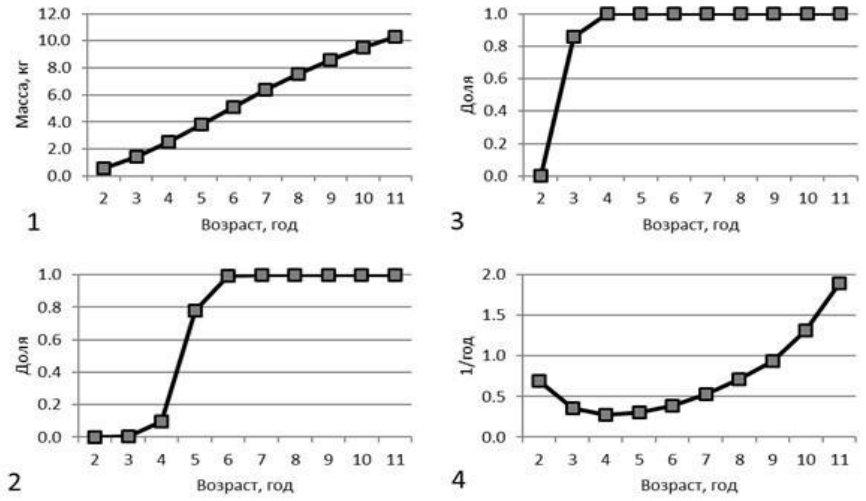


Рис. 168. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы трески западного Сахалина методом когортного анализа. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера, 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

В качестве настроечных индексов для модели использовали стандартизированные по методу GLM (обобщенные линейные модели) уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа МРС, ММРСТ, МДС, ММЯМ, ММРС, РС, СТР, СЯМ, СРТМ в 2003–2025 гг., вооруженных снюрреводами и донными ярусами, а также данные учетных траловых съемок о биомассе промыслового запаса (1994–2025 гг.).

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB), общей (TSB) и промысловой биомассы, а также пополнения тихоокеанской трески западного Сахалина по данным модельных расчетов представлена на рисунках 169-171. После периода высокого уровня запасов в середине 1980-х – начале 1990-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, нерестовая биомасса популяции постепенно снижалась и достигла минимального уровня. В 2011–2017 гг. нерестовая биомасса сохранялась в пределах 13,6–14,8 тыс. т. В 2018–2025 гг. был отмечен тренд на заметное увеличение биомассы общего и нерестового запаса.

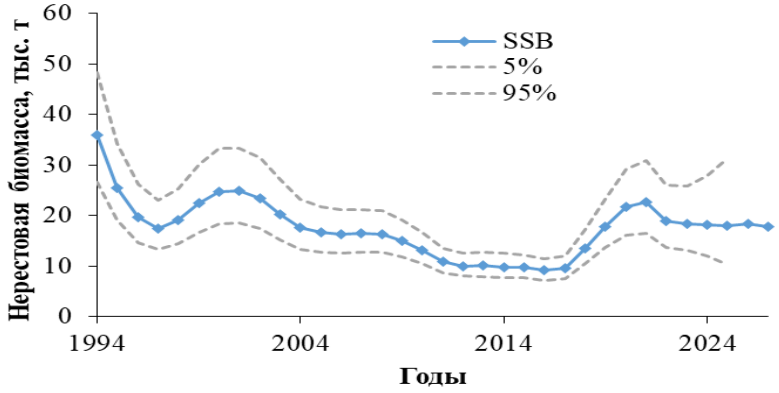


Рис. 169. Динамика нерестовой биомассы SSB трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

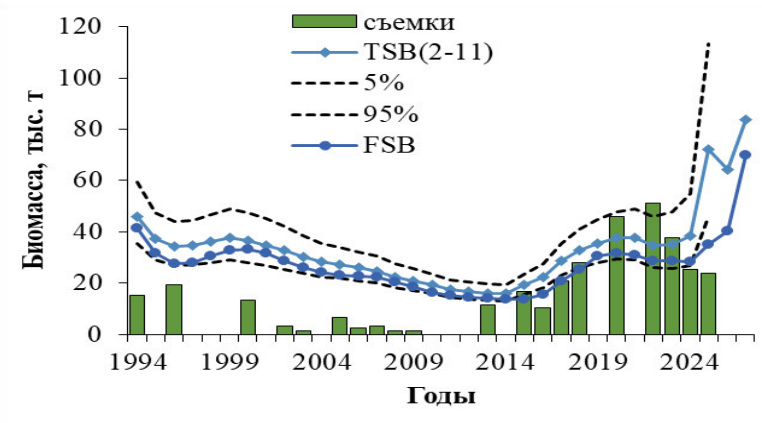


Рис. 170. Модельная динамика промысловой биомассы (FSB) в сопоставлении с данными съемок, а также многолетняя динамика общей биомассы (TSB, 2–11 лет) трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

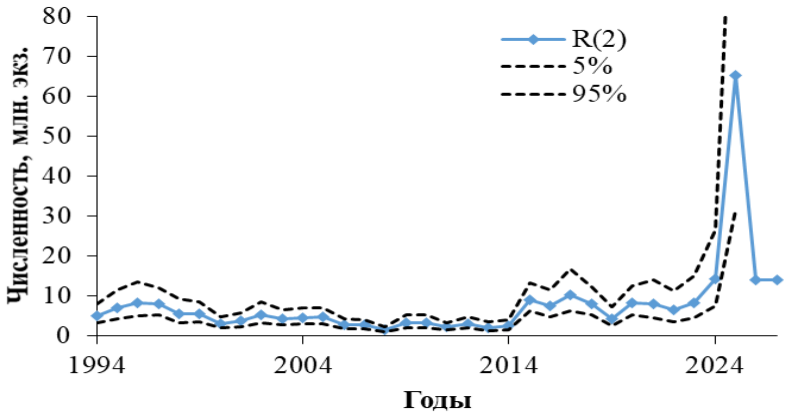


Рис. 171. Модельная динамика пополнения трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2026–2027 гг. представлены прогнозные значения

Модельные оценки нерестовой и промысловой биомассы трески западного Сахалина на начало 2025 г., составили 18,0 и 35,2 тыс. т соответственно. Эти величины используются при дальнейшем прогнозе состояния запаса и оценки ОДУ на 2027 г. Для этого определяются коэффициенты промысловой смертности по возрастам на 2026 г., исходя из предполагаемого на этот год общего вылова. Впоследствии, на основе параметров, представленных на рисунке 169, определяются оценки промысловой и нерестовой биомассы на прогнозный год. Расчет и обоснование ОДУ на базе этих величин представляются ниже в следующих разделах.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Оценка ОДУ трески западного Сахалина выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносится суждение о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации.

Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески западного Сахалина.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе – SSB_{lim}, принята ее минимальная оценка за ретроспективный период. Эта величина составляет 8,0 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума.

Граничный ориентир по промысловой смертности F_{lim}=0,475(1/год), определяющий рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, определен по методу Кадди [Caddy, 1998].

Максимум кривой равновесного улова на единицу пополнения (рис. 172) соответствует F=0,773(1/год), что превышает оценку граничного ориентира. Оценки ориентиров $F_{0.1}$ и $F_{40\%}$ составили 0,406 (1/год) и 0,296 (1/год), соответственно. Оценки F_{msy} и F_{med} составили 0,033 (1/год) и 0,001 (1/год), соответственно. Столь низкие значения последних двух параметров обусловлены большим разбросом значений пополнения и нерестовой биомассы и не могут быть приняты во внимание. Исходя из этого, целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} определили на уровне параметра $F_{40\%}$=0,296 (1/год). В прошлые годы, по результатам когортного анализа, целевой ориентир оценивался на уровне 0,27-0,31 (1/год).

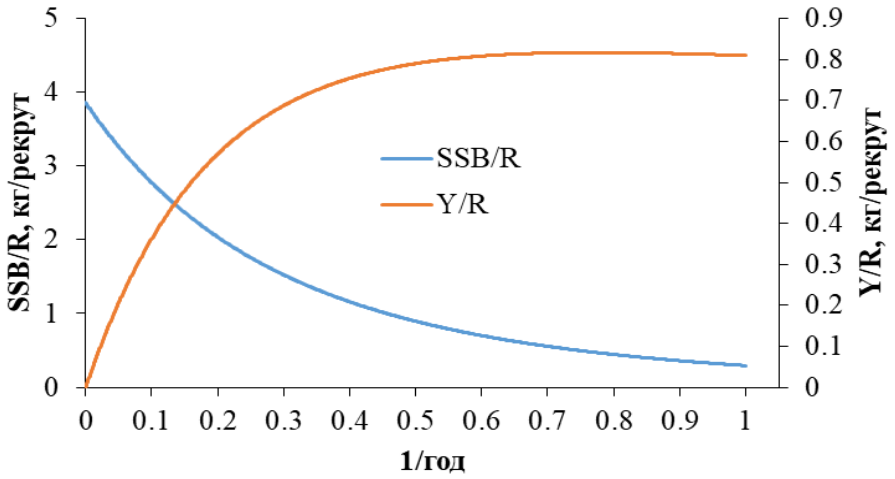


Рис. 172. Зависимость равновесного улова на рекрута Y/R и нерестовой биомассы на рекрута SSB/R от промысловой смертности F для трески Западно-Сахалинской подзоны

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr}, при превышении которого возможно максимальное изъятие, определен как произведение значения равновесной биомассы на единицу пополнения, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{tr}, на среднюю за последние 10 лет величину пополнения в возрасте 2 года R(2)=14,12 млн экз. В итоге, SSB_{tr} принят равным 26,0 тыс. т.

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) тихоокеанской трески Западно-Сахалинской подзоны, цель которого – вывод запаса на уровень высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне. Схема ПРП представлена на рисунке 173.

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$Frec_i = F_0$, при $B_i < B_{lim}$,

$Frec_i = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$Frec_i = F_{tr} = const$, при $B_i > B_{tr}$.

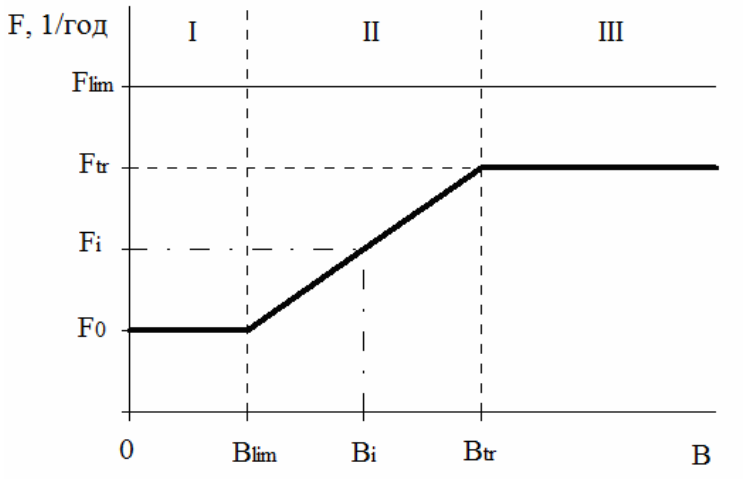


Рис. 173. Правило регулирования промысла трески западного Сахалина

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе.

В качестве пополнения запаса трески в Западно-Сахалинской подзоне на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность двухлетних рыб. По прогнозам, в 2026–2027 гг. она составит около 14,12 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 24).

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Прогнозируемый уровень нерестовой биомассы тихоокеанской трески западного Сахалина на 2027 г. составляет 17,8 тыс. т, что соответствует области режима восстановления запаса (режим II на рис. 173). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно 0,16 (1/год).

Величину ОДУ на i-й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$$ [Бабаян, 2000], где:

s_j – возрастные коэффициенты селективности,

w_j – среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j – МКЕС,

$N_{i,j}$ – численность j-ой возрастной группы,

F_{reci} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно ПРП, **ОДУ трески в Западно-Сахалинской подзоне в 2027 г.** составит **8,200 тыс. т**.

Таблица 24

Оценка состояния запаса в 2025 г., прогноз состояния запаса трески Западно-Сахалинской подзоны в 2026–2027 гг.

	Возраст, лет										Всего
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	
2025											
Численность на начало года, млн экз.	65,31	7,04	2,68	1,38	1,12	0,65	0,18	0,15	0,07	0,01	78,56
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,010	0,047	0,075	0,079	0,079	0,079	0,079	0,078	0,078	0,077	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,444	0,385	0,296	0,273	0,250	0,218	0,183	0,146	0,102	0,103	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	36,769	9,962	6,809	5,263	5,710	4,167	1,344	1,247	0,622	0,125	72,02
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,030	0,647	4,105	5,665	4,167	1,344	1,247	0,622	0,125	17,95
2026											
Численность на начало года, млн экз.	14,12	29,02	2,71	0,79	0,38	0,28	0,14	0,03	0,02	0,01	47,50
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,050	0,245	0,389	0,410	0,410	0,408	0,406	0,403	0,401	0,398	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,502	0,698	0,763	0,741	0,677	0,589	0,492	0,391	0,270	0,270	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	7,999	40,974	6,846	3,006	1,919	1,770	1,074	0,281	0,203	0,069	64,14
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,318	1,687	5,479	4,068	3,600	2,118	0,527	0,369	0,119	18,29
2027											
Численность на начало года, млн экз.	14,12	7,08	20,25	2,07	0,59	0,25	0,16	0,07	0,01	0,01	44,61
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,019	0,096	0,152	0,160	0,160	0,159	0,158	0,157	0,156	0,156	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,502	0,698	0,763	0,741	0,677	0,589	0,492	0,391	0,270	0,270	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	7,999	10,001	51,231	7,836	2,991	1,621	1,235	0,603	0,122	0,059	83,70
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,030	4,941	6,200	2,969	1,621	1,235	0,603	0,122	0,059	17,78
Биомасса промыслового запаса на начало года, тыс. т	65,31	7,04	2,68	1,38	1,12	0,65	0,18	0,15	0,07	0,01	78,59
ОДУ, тыс. т	0,013	0,457	6,017	1,005	0,368	0,185	0,129	0,056	0,010	0,004	8,24

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 10 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса трески западного Сахалина не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 174). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\rho = 0{,}1 – 0{,}3$ [Бабаян, 2000].

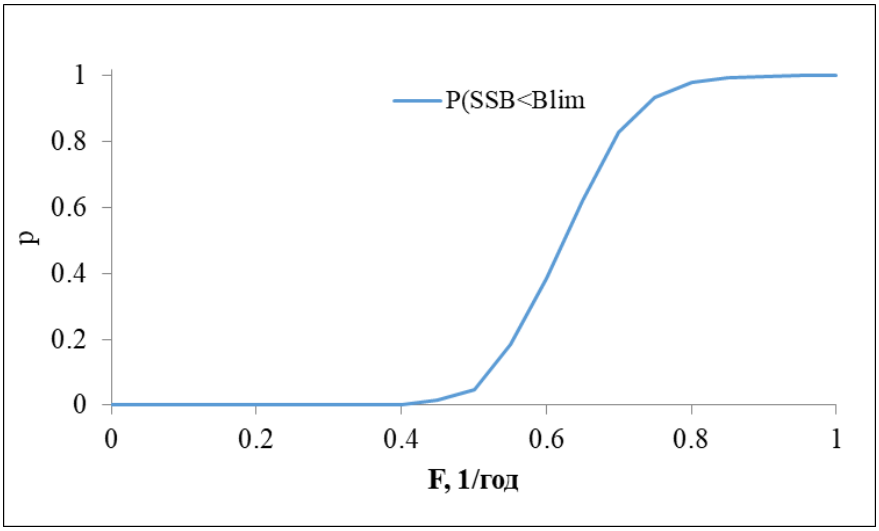


Рис. 174. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 175, при соблюдении ПРП запас трески с 95%-ной вероятностью в прогнозируемые годы будет находиться в биологически безопасных границах выше целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью два года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на два года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P\ (SSB_{2027} < B_{lim}/ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P\ (F_{2027} > F_{lim}/ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha = 0{,}1–0{,}3$ [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный нами риск-анализ (рис. 176) показал, что при рекомендуемой в 2027 г. величине

ОДУ, равной 8,2 тыс. т, риск перелова по пополнению и по росту не превысил уровень α = 0,3. Следовательно, выбранную стратегию управления можно принять.

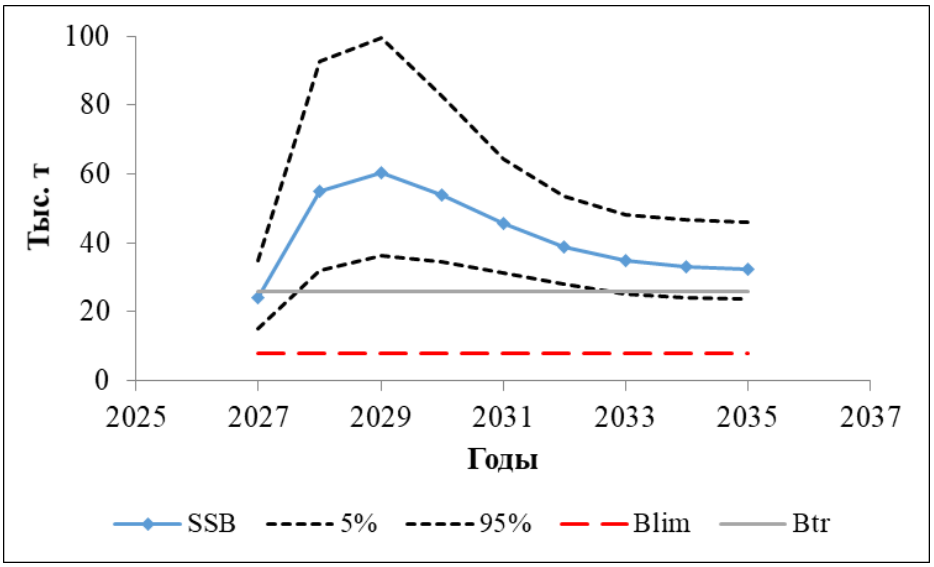


Рис. 175. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Западно-Сахалинской подзоны в 2026–2027 гг. при рекомендованной согласно ПРП интенсивности изъятия

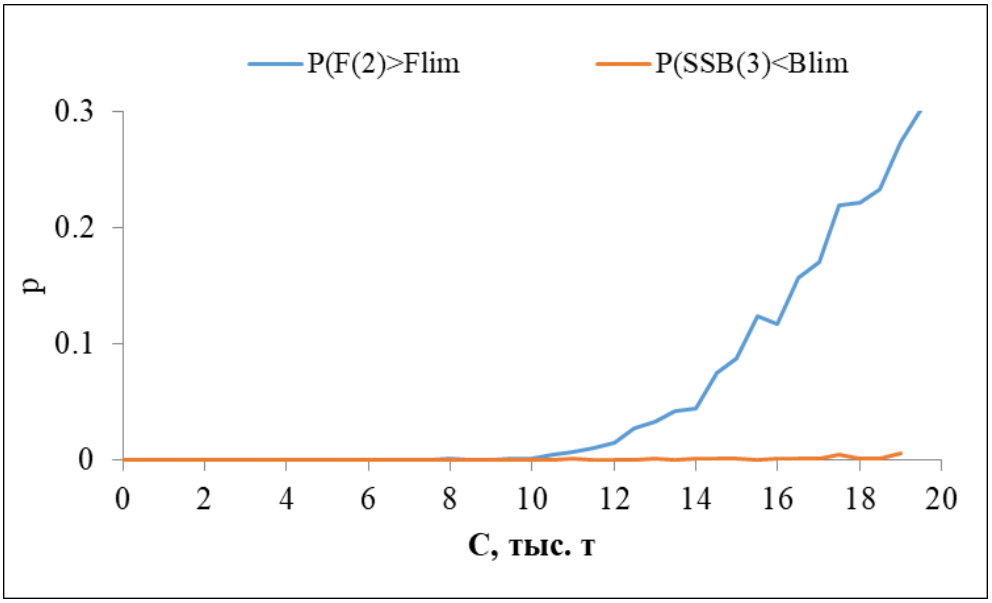


Рис. 176 Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески западного Сахалина в 2026–2027 гг.

Окончательный вид ПРП тихоокеанской трески западного Сахалина с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (до 2027 г.), представлен на рисунке 177.

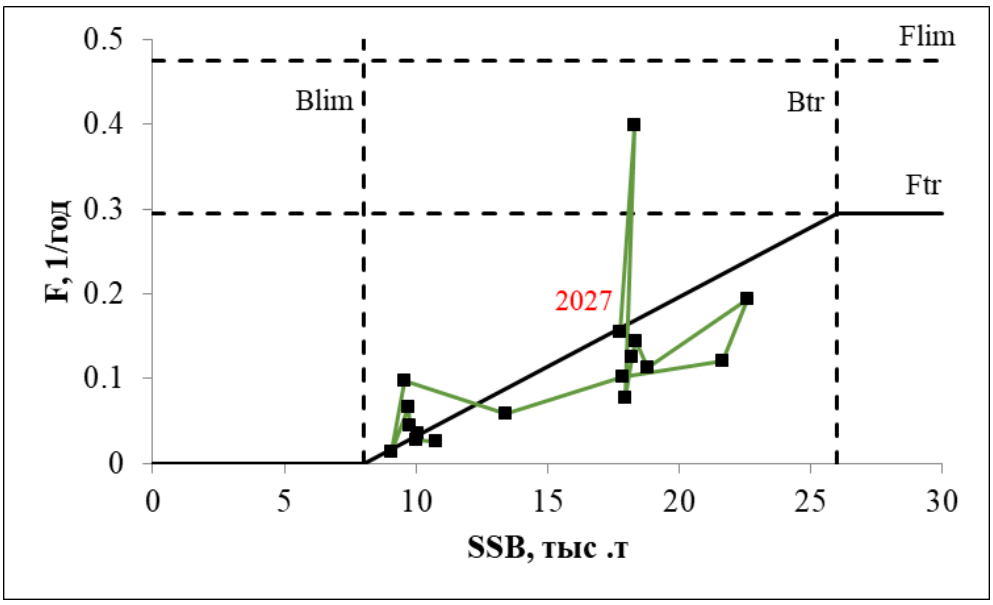


Рис. 177. Реализация правила регулирования промысла трески Западно-Сахалинской подзоны

Таким образом**, ОДУ трески в Западно-Сахалинской подзоне в 2027 г. составит 8,200 тыс. т**.

НАВАГА (*Eleginus gracilis*)

67.01 - Зона Чукотская

Исполнитель: Л.А. Черноиванова («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для информационного обеспечения прогноза состояния запаса и ОДУ дальневосточной наваги были привлечены результаты донных траловых съёмок в северо–западной части Берингова моря на НИС «Бухоро» в июне–августе 2017 г., НИС «Дмитрий Песков» в августе 2020 г. и в августе 2024 г., НИС «Профессор Кагановский» в августе–сентябре 2021 г. (табл. 1). Работы выполнялись тралом ДТ–27,1/24,4, мешок трала имел 10–мм мелкоячейную вставку длиной 8 м. В 2018–2019 гг., 2022–2023 и 2025 гг. учетные съемки в данном районе не проводились.

Таблица 1

Донные траловые съемки в Чукотской зоне (Берингово море) в 2017-2024 гг.

Год	НИС	Сезон работ	Кол–во тралений	Глубины, м
2017	«Бухоро»	Июнь–август	15	43–80
2020	«Дмитрий Песков»	Август	14	40–78
2021	«Профессор Кагановский»	Август–сентябрь	5	76–80
2024	«Дмитрий Песков»	Август	13	42–79

Данные об общем вылове наваги в 2025 г. получены по данным оперативной отчетности предприятий (ООП), структуре промысла — по данным судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) [Положение …, 1996].

В целом, информационная обеспеченность прогноза соответствует III уровню: обоснование РВ строится на эмпирических, трендовых, индикаторных методах, применяемых в случае дефицита информации (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

По результатам учетных работ биомасса наваги рассчитывалась по площадям ячеек Вороного [Борисовец и др., 2003]. Величина коэффициента уловистости принята на основе имеющихся литературных данных [Нектон западной части Берингова моря, 2006]. ОДУ определяли на основе «концепции репродуктивной разнокачественности популяций» [Малкин, 1995, 1999].

В прогнозе состояния запаса на 2027 г. использованы материалы 2017 и 2024 гг., т.к. в съемках 2020–2021 гг. навага в районе проведения работ не встречалась, в 2018–2019, 2022–2023 и 2025 гг. учетных съемок не было.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Состояние запаса наваги в Чукотской зоне Берингова моря оценивается по результатам проведения донных траловых съемок в 2017, 2020–2021 и 2024 гг. Расположение рыбопромыслового района Чукотская зона Берингова моря показано на примере проведения научно–исследовательских работ в 2024 г. (рис. 1).

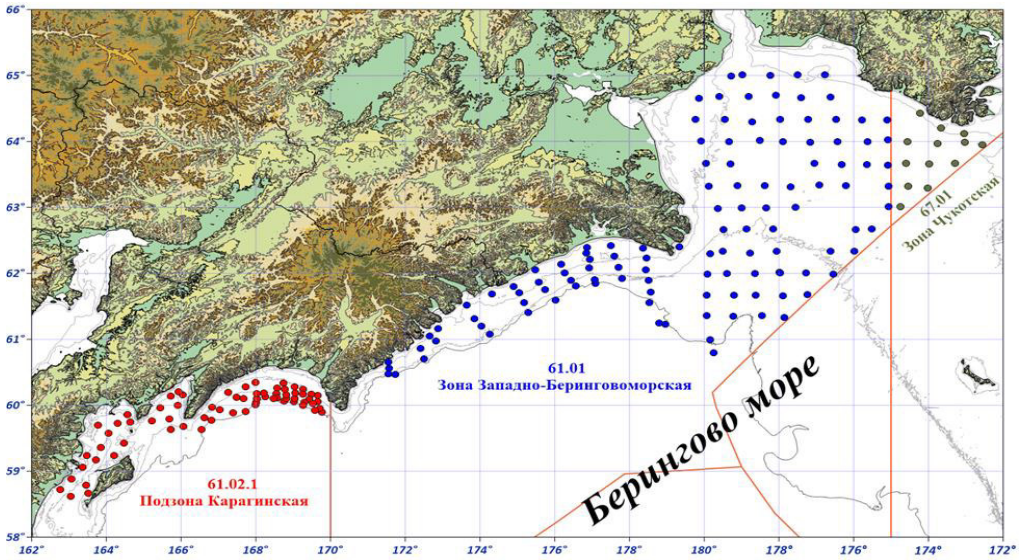


Рис. 1. Район проведения работ на РС «Дмитрий Песков» в западной части Берингова моря с 05 июля по 09 сентября 2024 г.

В июне–августе 2017 г. в ходе проведения учетных работ у побережья Чукотского п–ова (Анадырский залив, Чукотская зона) навага попадалась в сравнительно небольших количествах при средних показателях плотности 8,4 кг/км^2 – по биомассе и 71,7 экз./км^2 – по численности (табл. 2), максимальная плотность распределения – 1715 кг/км^2, была отмечена в диапазоне глубин 20–50 м [О результатах донной траловой съемки…, 2017].

Таблица 2

Численность (N) и биомасса (W) наваги в Чукотской зоне Берингова моря по данным учетных съемок в 2017 и 2024 гг.

Год	Учетная N, млн экз.	Относительная N, экз./км^2	Учетная W, тыс. т	Относительная W, кг/км^2
2017	1,190	71,7	0,140	8,4
2024	0,683	41,1	0,029	1,7

Из 15 учетных тралений, выполненных в этом районе, навага была зарегистрирована в 4, фактически был промерен 21экз., в пересчете на час траления – 63 экз. Длина особей наваги варьировала в пределах 11–34 см, в

среднем 24,26 см и средней массе – 118,1 г (от 8,0 до 253 г). Модальным классом размерного состава, как численности, так и биомассы являлся класс 27–28 см, в возрастном составе преобладали трех– и четырехлетки (рис. 2). Биомасса учтённого запаса составила 0,14 тыс. т при численности, равной 1,19 млн экз. Из этих величин промысловая часть составила соответственно 0,136 тыс. т (почти 97,1% к общей) и 1 млн экз. (84,0%).

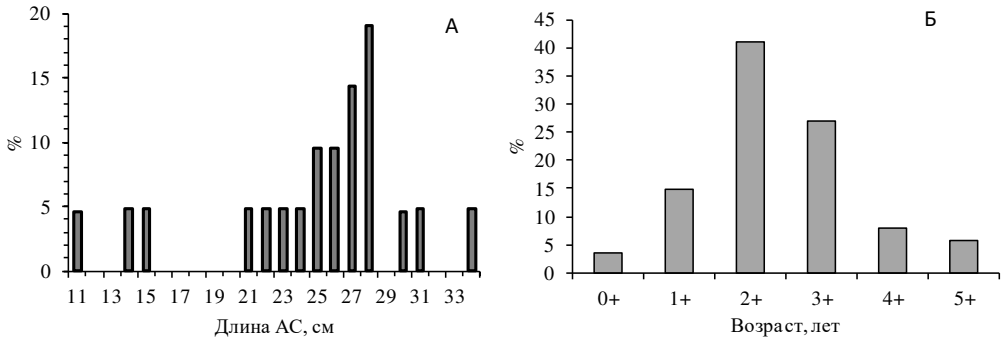


Рис. 2. Размерный (А) и возрастной (Б) состав наваги в июне–июле 2017 г. по данным учетной съёмки (промерен 21 экз. наваги, возрастной состав рассчитан по размерно-возрастному ключу, полученному для наваги Анадырского залива)

В 2018–2019, 2022 гг. провести оценку запаса наваги в Чукотской промысловой зоне не было возможности. В 2020–2021 гг. на обследованной части акватории Анадырского залива, навага не зарегистрирована. В северной части Анадырского залива, где в летний период навага держится на глубинах менее 40 м, учетные траления не проводились.

В 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» в Анадырском заливе было выполнено 13 тралений на глубинах 42–79 м при средних показателях плотности 1,7 кг/км^2 по биомассе и 41,1 экз./км^2 по численности (рис. 1, табл. 2). Навага отмечена в двух тралах на изобатах 42–50 м, фактически было промерено 12 экз., в пересчете на час траления – 45 экз. В уловах присутствовали рыбы с длиной тела 10-26 см (в среднем 17,4 см) (рис. 3), причем 84,4% составляли неполовозрелые особи размером от 10,0 до 20,0 см.

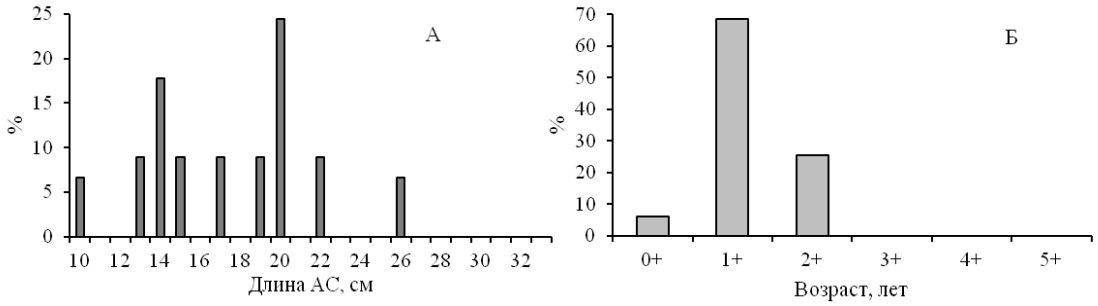


Рис. 3. Размерный (А) и возрастной (Б) состав наваги в Чукотской зоне Анадырского залива по результатам донной траловой съемки в августе 2024 г. (промерено 12 экз. наваги, возрастной состав рассчитан по размерно-возрастному ключу, полученному для наваги Анадырского залива)

Общая численность и биомасса учтенной части наваги в Чукотской зоне Анадырского залива в 2024 г. составили 683 тыс. экз. и 28,6 т, с относительным обилием 71 экз./час и 1,671 кг/час [О результатах научно–исследовательских работ…, 2024]. Полученные сведения о запасе в 2024 г. ниже в 1,7 раз по численности и в почти 5 раз по биомассе, чем показатели в съемке 2017 г. (табл. 2).

В Анадырском заливе в зимнее время навага встречается повсеместно. В водах, относящихся к Чукотской зоне, навага формирует невысокие запасы, известно, что только в некоторые годы отмечен ее нерест в бух. Провидения и у побережья п. Сиреники [Семененко, 1965]. В летний период в северной части Анадырского зал., прилегающей к Чукотскому п–ву, навага держится на глубинах менее 40 м. Возможными причинами межгодовых расхождений оценок кроме недоучета наваги в данном биостатистическом районе, связанном с тем, что в съемках траления на мелководных участках не проводились, могут быть естественная динамика запаса и гидрологических условий в различные периоды исследований, отражающиеся на распределении рыб и плотности их скоплений.

Состояние промысла. По данным промысловой статистики, вылов наваги у побережья п–ва Чукотка известен по 2003 г., только в Чукотском море, когда в режиме промышленного рыболовства было добыто 5,6 т [Новикова, 2014]. В Чукотской зоне Берингова моря с начала 2000–х гг. и до 2025 г. промышленный лов наваги не проводится, возможен любительский лов с берега моря, в лагунах, устьях рек, а также зимой со льда. Сведений о вылове наваги в Чукотской зоне, промышленного (прибрежного и на промысловых судах) и любительского, до настоящего времени не поступало.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Отсутствие специализированного промысла не позволяет систематически оценивать промыслово–биологические показатели наваги в этом районе. В связи с дефицитом информационного обеспечения, отсутствием сведений о промышленном освоении наваги в Чукотской зоне в настоящее время разработать определение биологических ориентиров и правило регулирования промысла данной единицы запаса невозможно.

Прогнозирование состояния запаса

Учтённая биомасса наваги в северной части Анадырского залива, прилегающей к Чукотскому п–ву, в 2017 г. составила 0,14 тыс. т при численности, равной 1,19 млн экз., по результатам учетных работ в 2024 г. отмечено, что запасы наваги заметно снизились – до объема 0,0286 тыс. т с численностью 0,683 млн экз.

Принимая во внимание, что новых данных по состоянию запаса наваги Чукотской зоны Берингова моря в 2025 г. не поступало, на основании научно–исследовательских работ в 2024 г. инерционно предполагается, что в

2027 г. биомасса в обследованных районах может быть на уровне 0,03 тыс. т и соответственно численность порядка 0,7 млн экз.

Данных по оценке запаса наваги по Чукотской зоне недостаточно, в настоящее время определить объем биомассы в целом по Чукотской зоне (с учетом диапазона глубин менее 40 м) не представляется возможным.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Массовое половое созревание восточнокамчатской наваги, в том числе обитающей в Анадырском заливе, происходит на третьем году жизни [Семененко, 1965; Новикова, 2007]. При возрасте массового полового созревания рыб, когда 50% самок достигают половозрелости, принятым за 3 года, возможное годовое изъятие из запаса составляет 31,1% [Малкин, 1999]. Учитывая объем запаса 0,03 тыс. т, величина допустимого изъятия наваги в Чукотской зоне в 2027 г. может составить 9,3 т.

Таким образом, **ОДУ наваги в Чукотской зоне в 2027 г.** рекомендуется в объёме **0,009 тыс. т**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Учитывая отсутствие промышленного освоения наваги в Чукотской зоне с начала 2000–х гг. до 2025 г., можно констатировать отсутствие риска перелова на предстоящие два года.

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: О.В. Новикова, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В.Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов и обоснования ОДУ наваги в Карагинской подзоне в 2027 г. положены следующие материалы:

— данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов в сентябре–октябре 2025 г. на ПЗ «Святой Владимир» и РС-600 «Малки-1» (массовые промеры (МП) — 5269 экз.);

— многолетние промыслово-биостатистические данные с 1974 г.;

— данные снюрреводных промысловых рейсов (2015–2025 гг.), донных траловых съемок, проведенных в 2016, 2019, 2020 и 2024 гг.;

— сведения об общем вылове наваги в 2025 г. по данным оперативной отчетности предприятий (ООП), структуре промысла — по данным судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Информацию об общем вылове наваги в 2012–2025 гг., полученную ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для карагинской наваги в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1974 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса и возрастной состав рыб на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных в 2012, 2016, 2019–2020 и 2024 гг.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза ОДУ в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса». Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., в перечень моделей этого типа для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ, наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ИКЕС и других научных рыбохозяйственных организаций, включена модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. Наряду с другими известными моделями, с 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов [Методические рекомендации…, 2018]. Последняя для данного запаса используется с 2011 г. Она относится к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al., 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в «КамчатНИРО».

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие собственного программного обеспечения, а также тот факт, что в 2015 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

Входные данные для модели:

— матрица вылова наваги (млн экз.) по возрастам (2–8 лет) в 1974–2025 гг.;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам из снюрреводных уловов за период 2000–2025 гг. (табл. 3). Исходные данные внутри модели аппроксимировали посредством зависимости Берталанффи [Bertalanffy, 1938];

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам биологических анализов, выполненных в январе–марте 2005–2018 гг. из уловов вентерем (табл. 4) (фактические данные сглаживали посредством логистической функции);

— среднемноголетние мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) по возрастам (табл. 5).

Таблица 3

Среднемноголетняя масса наваги Карагинской подзоны по возрастным группам

Возраст, лет	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Масса, г	61	261	652	423	499	506	564

Таблица 4

Доля половозрелых рыб по возрастным группам наваги Карагинской подзоны

Возраст, лет	**2**	**3**	**4**	**5**
Доля, %	42	89	95	97

Таблица 5

Мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) по возрастным группам наваги Карагинской подзоны

Возраст, лет	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
МКЕС	0,44	0,43	0,44	0,45	0,47	0,49	0,52

Возрастные коэффициенты промысловой смертности (селективность, s) по возрастным группам рассчитывали внутри модели, исходя из предположения о том, что функция селективности имеет логистический вид:

$$s_a = \frac{1}{(1+\exp(\alpha(a_0 - a)))},$$

где α, β, a_0 – коэффициенты модели, приведенные на рисунке 4.

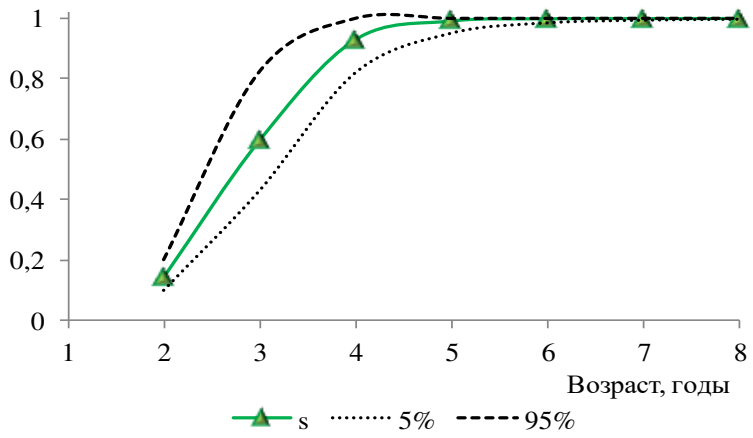


Рис. 4. Возрастные коэффициенты селективности карагинской наваги

Настроечными индексами для модели послужили результаты донных траловых съемок 2012, 2016, 2019, 2020 и 2024 гг. В Карагинской подзоне они проводятся, начиная с 1958 г. Основной задачей их первоначально являлся учет сеголетков сельди. В дальнейшем результаты траловых съёмок стали использовать и для характеристики силы годовых классов других рыб (минтая, наваги, трески и др.). С конца 1960-х гг. здесь же стали выполняться и снюрреводные учетные исследования на судах типа МРС в диапазоне глубин 20–200 м. Однако в 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, что самым неблагоприятным образом отразилось на возможности объективной оценки запасов и допустимых уловов промысловых рыб. В 2012 г. учетные работы в этом районе были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). При этом в 2016 г. съемка была ориентирована, прежде всего, на оценку запасов промысловых беспозвоночных, выполнена только на шельфе и в нестандартные для учета донных рыб сроки – июне, что делает результаты трудно сопоставимыми с данными прошлых лет. В 2017 г. учетная съемка проводилась только в акватории Олюторского залива на глубинах до 200 м, а в 2018 г. – не проводилась вовсе. В 2021 г. учетные работы в Карагинской подзоне выполнены в октябре, при этом съемка была ориентирована только на оценку запасов промысловых беспозвоночных. Результаты по наваге оказались нерепрезентативные, поэтому в качестве индекса запаса в расчетах не использованы. В 2022–2023 и 2025 гг. учетные съемки не проводились.

Плотность рыб и величину запасов оценивали для стандартного полигона методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen) (рис. 5). Коэффициент уловистости принимали равным 1. Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcVeiw Gis 3.3. Подробно алгоритм расчетов описан в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

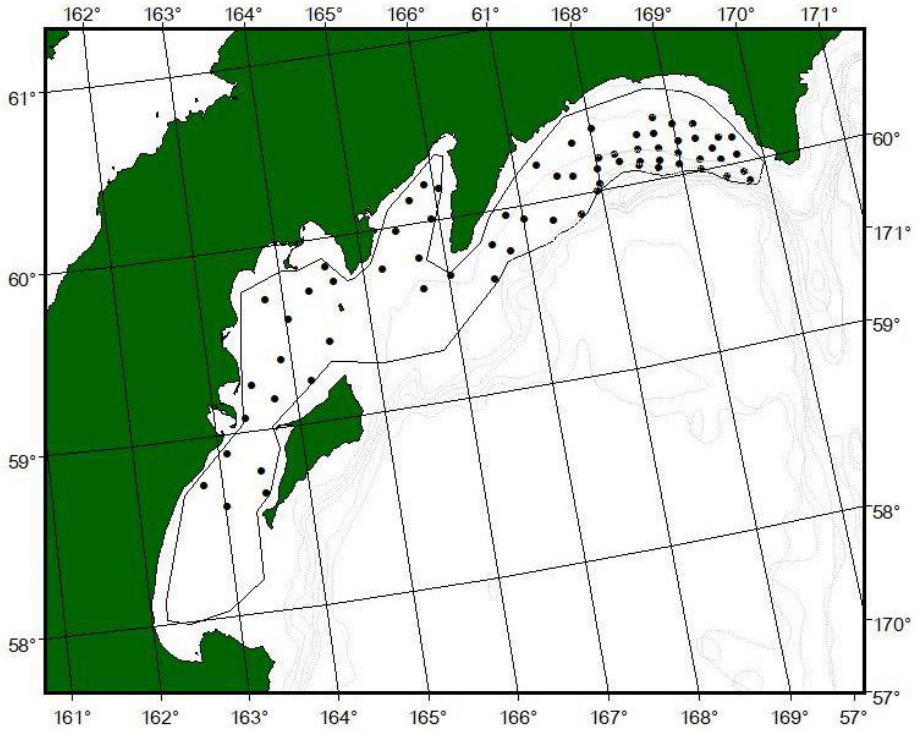


Рис. 5. Схема станций донной траловой съемки, выполненной на НИС «Дмитрий Песков» в августе – начале сентября 2024 г. в Карагинской подзоне (линией обозначен стандартный полигон)

Для выбранного стандартного полигона определяли итоговый размерный состав наваги взвешенно к вылову на 1 час траления в количественном выражении. Возрастной состав рассчитывали путем пересчета размерного состава через размерно-возрастной ключ, составленный для второго полугодия.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. По результатам последней донной траловой съемки, выполненной в августе–сентябре 2024 г., навага отмечена в большей части контрольных тралений, а максимальные концентрации традиционно зарегистрированы на юге Карагинского залива, в зал. Корфа и в восточной части Олюторского залива (рис. 6). Доля вида в уловах по массе в отдельных тралениях составляла 60,6% (в среднем 8,6%). Уловы на 1 час траления варьировали от 0,003 до 286,4 кг, при среднем значении, равном 18,6 кг. Следует отметить, что по данным съемки, проведенной в сентябре–октябре 2020 г., плотность рыб составляла 3,327 тыс. экз./км^2 или 0,421 т/км^2, а уловы варьировали от 0,001 до 2259,5 кг, при среднем значении, равном 96,8 кг. Таким образом, уловы на 1 час траления в 2024 г., относительно результатов съемки 2020 г., сократились более чем в 5 раз.

Всего в 2024 г. на стандартном полигоне учтено 87,098 млн экз. или 11,324 тыс. т наваги (табл. 6), что по биомассе является минимальным показателем, начиная с 2016 г.

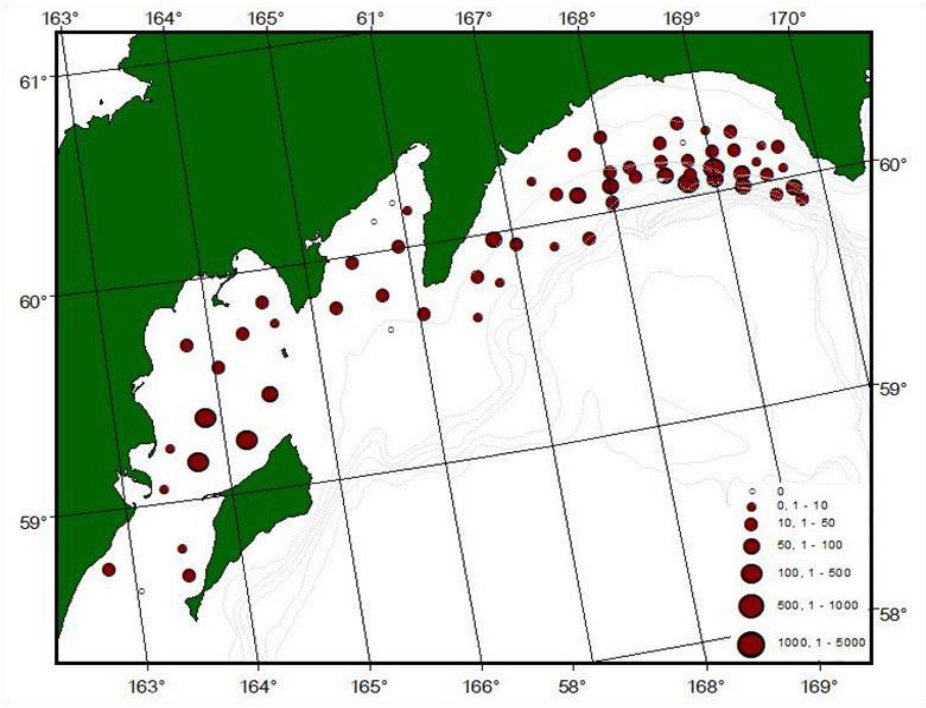


Рис. 6. Распределение уловов наваги на единицу усилия в Карагинской подзоне по результатам донной траловой съемки 2024 г., кг/час траления

Таблица 6

Межгодовая динамика средней плотности распределения, индекса общей численности и биомассы ($К_у$=1) наваги на стандартном полигоне в Карагинской подзоне, по результатам донных траловых съемок

Год	Средняя плотность		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км^2	т/км^2		
2016	4,297	0,455	115,62	12,247
2017	—	—	—	—
2018	—	—	—	—
2019	2,901	0,527	78,062	14,19
2020	24,690	1,493	664,319	40,161
2021	—	—	—	—
2022	—	—	—	—
2023	—	—	—	—
2024	3,237	0,421	87,098	11,324
2025	—	—	—	—

По результатам донной траловой съемка, выполненной в 2016 г., навага была представлена особями длиной 9–43 см при среднем значении 28,3 см (рис. 7). Их основу составляли рыбы длиной 21–30 см (70,3%).

В июле 2019 г. молодые неполовозрелые особи в уловах практически отсутствовали. Так, если в июньских уловах 2016 г. молодь наваги размером до 20 см составляла 3,2% от учтенных рыб, то в 2019 г. — только 1%. Длина рыб в траловых уловах в этот период варьировала от 13 до 44 см. Доминировали особи длиной от 26 до 34 см, составив 70,5% от учтенных рыб. Средняя длина равнялась 30,1 см. Навага встречалась в уловах, в

основном, в Карагинском заливе, тогда как в Олюторском заливе она практически отсутствовала.

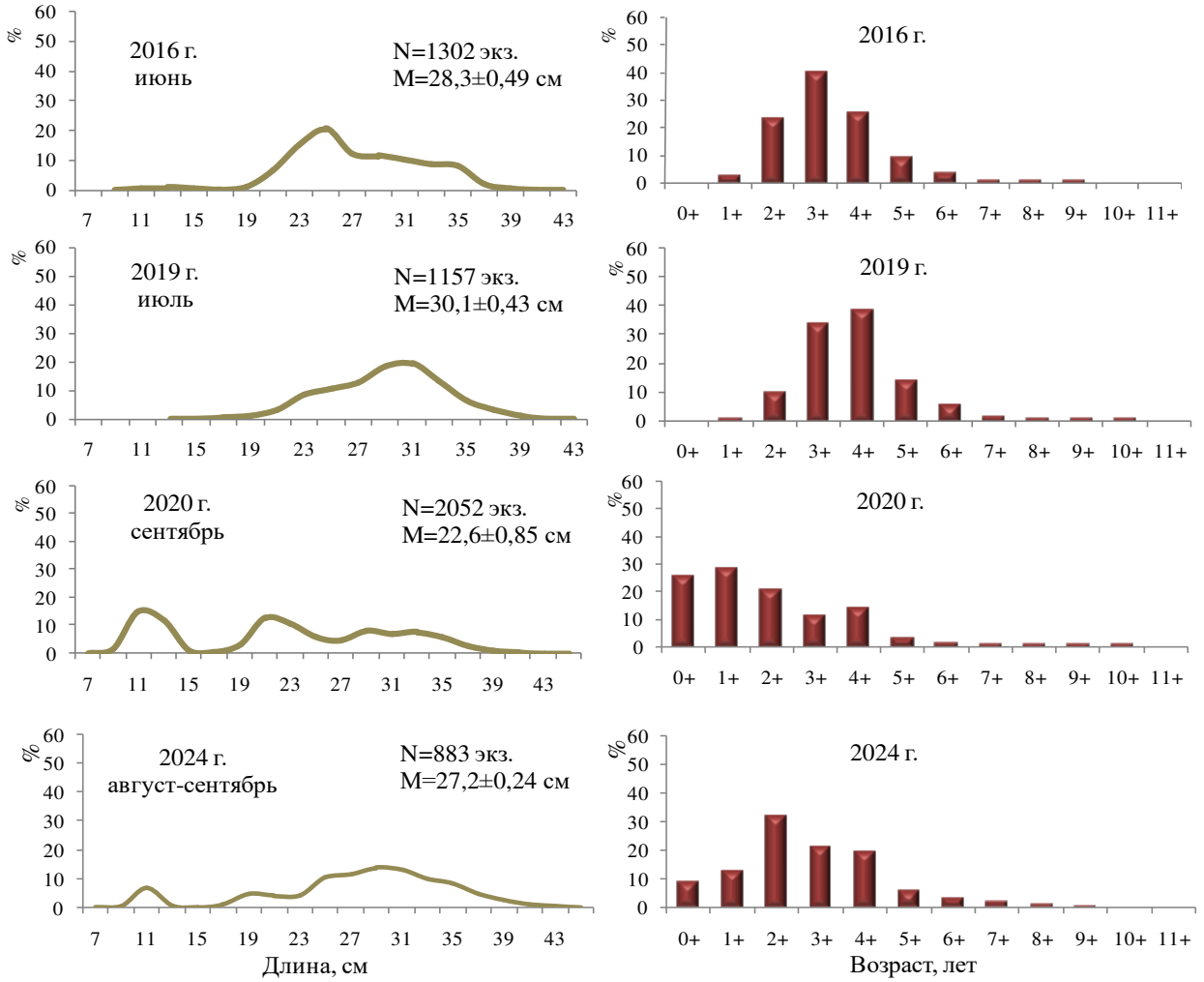


Рис. 7. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава наваги в Карагинской подзоне в уловах учетных донных траловых съемок в 2016-2024 гг., %

В 2020 г. длина рыб в траловых уловах изменялась от 8 до 48 см, а доминировали особи нескольких размерных групп: 10–12 см (23,2%), 20–23 см (23,6%) и 28–33 см (22,9%). Средняя длина рыб составила 22,6 см, а средняя масса — 0,201 кг.

В 2024 г. длина наваги изменялась от 7 до 44 см. Выделялась модальная группа 25–33 см (59%). За счет присутствия в уловах более крупных рыб, по сравнению с результатами съемки 2020 г., средняя длина наваги увеличилась до 27,2 см.

Уловы учетных траловых съемок характеризуются самым значительным количеством молоди наваги. В 2016 г. многочисленными в уловах были рыбы 2012–2014 гг. рождения, доля которых составила 86,8%. Относительное количество рыб в возрасте 0+и 1+ не превысили 2%. По данным съемки, проведенной в 2019 г., в уловах доминировали поколения 2015–2016 гг. (3+ и 4+), составившие 71%. Сеголетки и двухлетние особи (0+ и 1+) практически отсутствовали (0,3% от улова). В 2020 г. возрастную

структуру траловых уловов отличало обилие молодых рыб в возрасте 0+ – 2+ лет, на долю которых пришлось более 72%. Основу улова составляли поколения средней численности 2018–2020 гг. рождения. Результаты работ в августе–сентябре 2024 г. также показали существенное присутствие в уловах молодых рыб в возрасте 0+–2+, однако, их доля снизилась до 51,3%. Доминирующей группой являлись трехлетние особи (2+) 2021 г. рождения. В уловах преобладала навага в возрасте от 2+ до 4+ лет, составляющая более 70% от учтённых рыб.

Летом младшие возрастные группы наваги (особенно сеголетки) сосредоточены в прибрежных лагунах, эстуариях и бухтах, недоступных для траловых работ. Очевидно, поэтому доля рыб младших возрастных групп в уловах 2019 г. была почти также мала, как и во время съемки 2016 г.

В результате модельных расчетов, на начало 2025 г. общий запас карагинской наваги в возрасте 2+ и старше составил 49,2 тыс. т, а нерестовый – 39,8 тыс. т. Кратко характеризуя динамику ресурсов наваги (рис. 8-10), отметим, что начавшийся в 2011–2012 гг. бурный рост ее биомассы (общей и нерестовой), связанный с появлением поколений высокой численности 2009–2012 гг., после 2015 г. сменился снижением. К 2023 г. нерестовый запас в сравнении с 2015 г. сократился более чем в 3 раза. С 2024 г. наблюдается небольшой рост запаса наваги. Биомасса рыб промыслового возраста в 2025 г. оценивается ниже среднемноголетнего уровня (57,4 тыс. т).

Коэффициенты промысловой смертности селективно полностью облавливаемых возрастных групп представлены на рисунке 11.

Состояние промысла. Зимнюю нерестовую навагу на северо-востоке Камчатки начали добывать в конце 20-х гг. прошлого века. Объёмы вылова были невелики. С 1937 г. они начали возрастать, достигнув 8,737 тыс. т в 1941 г. (рис. 12). В дальнейшем, с 1967 по 1992 гг., уловы были на довольно высоком уровне, достигая в некоторые годы более 10 тыс. т. Во второй половине 1990-х гг. навагу добывали в качестве прилова при тралово-снюрреводном промысле камбал и трески.

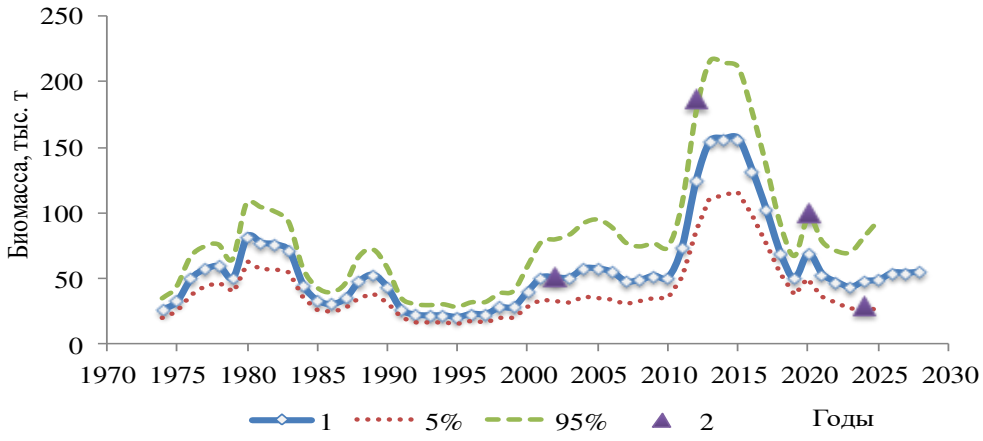


Рис. 8. Межгодовая динамика биомассы общего запаса (2–8 лет) по модельным оценкам (1) (среднемноголетняя расчетная биомасса запаса — 57,4 тыс. т) и данным траловых съемок (2)

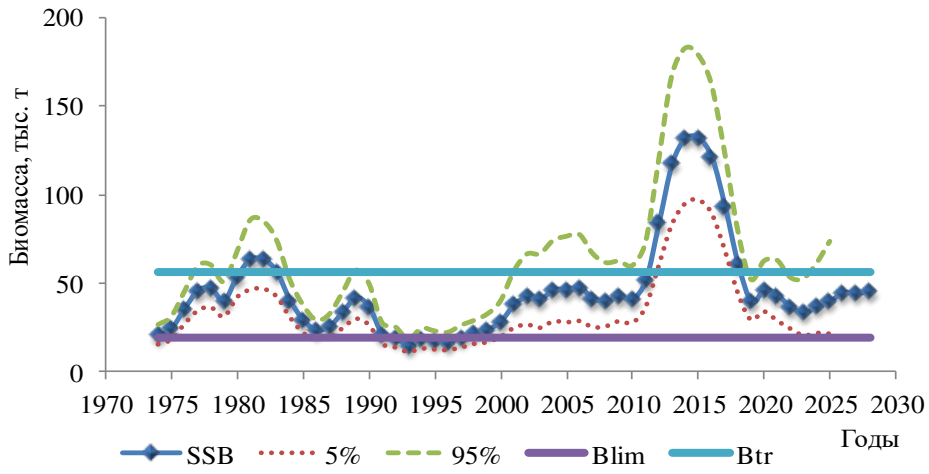


Рис. 9. Межгодовая динамика биомассы нерестового запаса (SSB) и процентили бутстреп-распределения ее оценок

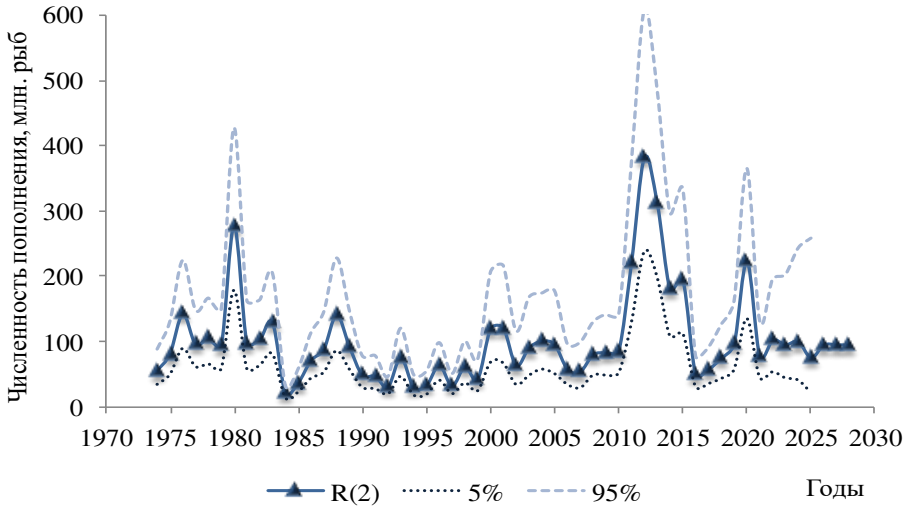


Рис. 10. Межгодовая динамика численности пополнения карагинской наваги и процентили бутстреп-распределения ее оценок (среднемноголетнее пополнение – 101,14 млн экз.)

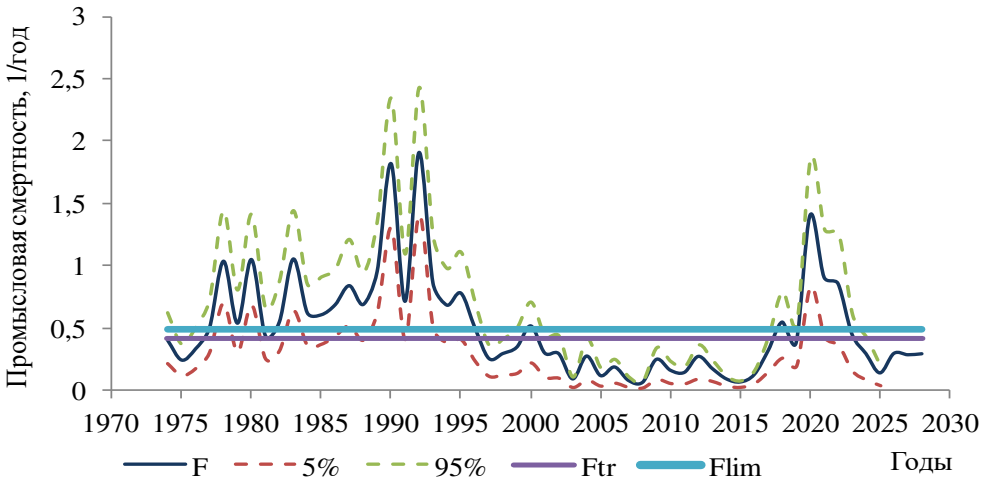


Рис. 11. Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно полностью изымаемых рыб

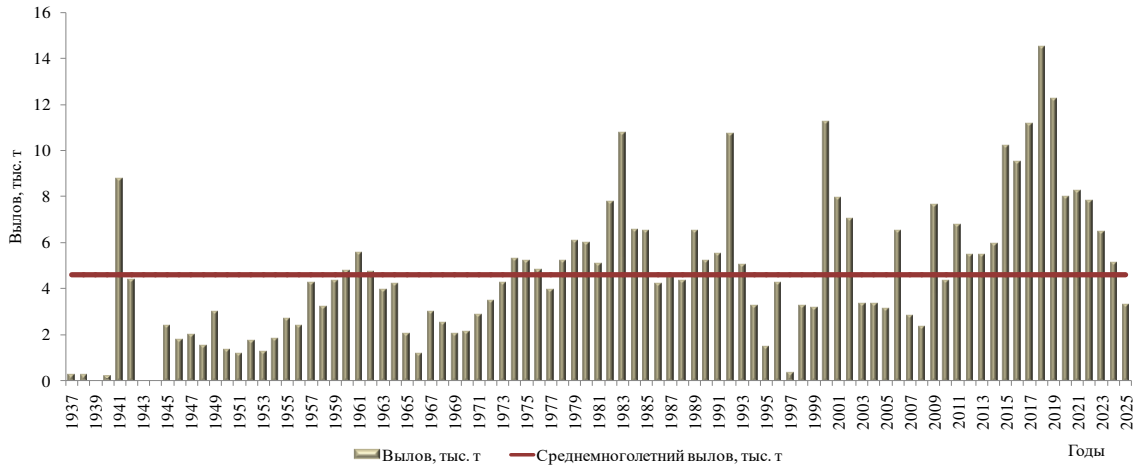


Рис. 12. Межгодовая динамика уловов дальневосточной наваги в Карагинской подзоне (среднемноголетнее значение — 4,6 тыс. т)

Среднегодовой вылов в этот период не превышал 2,5 тыс. т. В 2018 г. улов наваги достиг своего максимума за всю историю промысла — 14,5 тыс. т. За период с 1937 по 2024 гг. её вылов изменялся от 0,1 до 14,5 тыс. т при среднем значении, равном 4,6 тыс. т. За последние пять лет (2020–2024 гг.) средний улов наваги составил 6,1 тыс. т.

Освоение ОДУ в последние 10 лет варьировало в пределах 32,3–92,7%, составляя в среднем 63,7% (табл. 7). С 2020 г. вылов наваги резко снизился, а освоение ОДУ не превышало 65%. В 2025 г. в Карагинской подзоне добыто 3,233 тыс. т этого вида, что составляет 32,3% ОДУ.

Таблица 7

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ наваги в Карагинской подзоне

Год	ОДУ, тыс. т	Общий вылов, тыс. т	Доля вылова снюрреводом от общего вылова, %	Доля вылова вентерем от общего вылова, %	Доля вылова донным тралом от общего вылова, %	Доля вылова разноглубинным тралом от общего вылова, %	Освоение ОДУ, %
2016	12	9,467	90	10	0	0	78,9
2017	12	11,127	89,8	10,2	0	0	92,7
2018	16	14,489	98,3	0	1,7	0	90,6
2019	16	12,221	92,6	7,3	0,1	0	76,4
2020	16	7,928	84,7	13,8	0,7	0,7	49,6
2021	16	8,192	88,5	6,8	3,8	1	51,2
2022	16	7,966	72,9	12	9,9	5,2	49,8
2023	10	6,456	92,7	1,3	0	6	64,6
2024	10	5,075	99,2	0	0,7	0,1	50,8
2025	10	3,233	100	0	0	0	32,3

Промысел наваги в Карагинской подзоне ведётся в декабре–апреле вентерями в бух. Карага и Оссора и в мае–ноябре снюрреводами в Карагинском заливе с бортов мало- и среднетоннажных судов. В

незначительных объемах её также добывают в качестве прилова разноглубинными и донными тралами в течение всего года.

В 2025 г. в Карагинской подзоне вылов нерестовой наваги вентерями отсутствовал (табл. 7). По данным ООП, к добыче этого вида суда снюрреводного лова приступили 6 сентября, а последняя информация о вылове датировалась 8 ноября. Таким образом, промысел наваги в подзоне велся только два месяца. Наиболее результативными уловы были в третьей декаде сентября, когда средний вылов за сутки всеми судами был равен 76,6 т. В октябре и в начале ноября средний улов снюрреводами за сутки держался на хорошем уровне и составлял соответственно 43,4 и 43,2 т.

Среднегодовой улов наваги снюрреводом на судосутки в терминальном году составил 14 т, а количество судосуток на лову — 147 (табл. 8). Заметим, что высокий уровень промыслового запаса наваги и существенный рост интереса рыбопромышленников к добыче этого вида способствовали значительному увеличению в 2015–2019 гг. уловов на усилие (в среднем — 17,7 т/судосутки). Однако в 2024 г., как и в 2022–2023 гг., средний улов на судосутки по сравнению с 2018 г. снизился почти в 2 раза, что может косвенно свидетельствовать о начале снижения ресурсов этого вида. В 2025 г. количество усилий снизилось до рекордно низкого уровня, а средний улов на усилие возрос более чем в 1,5 раза относительно прошлого года.

Таблица 8

Межгодовая динамика количества судосуток на промысле снюрреводом и среднего улова на судосутки наваги в Карагинской подзоне

Год	Количество судосуток/год	Средний улов на судосутки, т
2016	455	18,2
2017	606	15,8
2018	599	19,8
2019	606	16,9
2020	549	10,1
2021	380	11,6
2022	442	8,7
2023	493	9,5
2024	324	9,1
2025	147	14,0

Как видно из рисунка 13, в исследуемые годы доля молоди наваги в снюрреводных уловах была невысока, а средняя длина до 2019 г. колебалась в пределах 32,7-35,8 см. Далее наблюдалось снижение средних размеров рыб. В целом, основу уловов в 2016–2025 гг. составляли рыбы длиной 30–36 см.

В 2025 г. в ходе специализированного снюрреводного промысла навага являлась целевым объектом промысла и встречалась в значительных объемах. Доля вида в уловах достигала 90%.

Длина рыб в уловах в среднем составляла 30,6 см, при минимуме 20 см и максимуме 43 см. Модальную группу составили особи длиной 28–34 см (71,5%) (рис. 13).

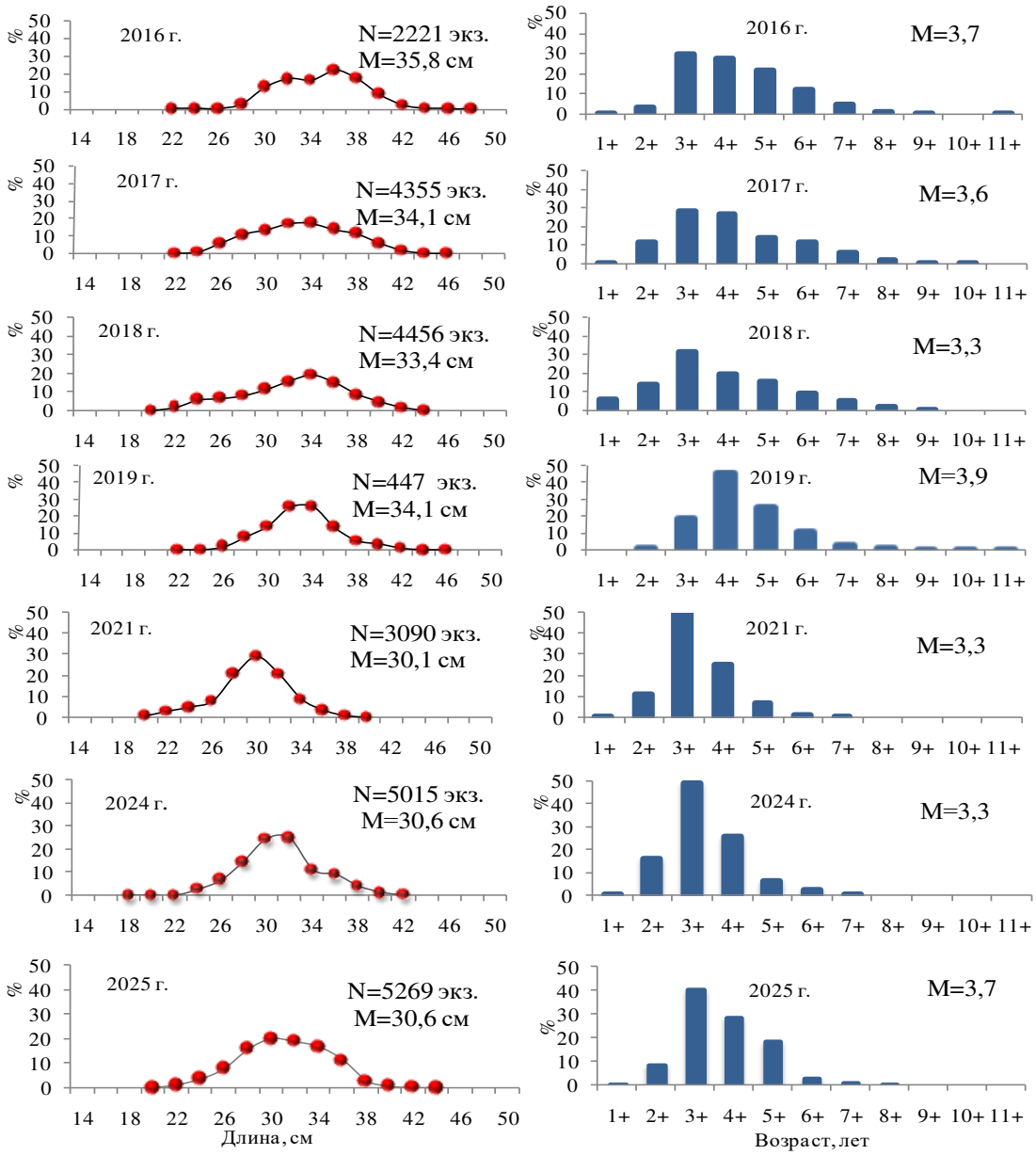


Рис. 13. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава наваги в Карагинской подзоне в снюрреводных уловах в 2016-2025 гг., %

В исследуемые годы доля трехлетних рыб (2+) колебалась от 0,2% (в 2019 г.) до 15,8% (в 2024 г.). Практически полное отсутствие в уловах в 2019 г. трехлетних особей и значительное увеличение доли взрослых рыб, возможно, являлось следствием того, что в прогнозе были использованы биологические данные, полученные в апреле. В посленерестовый период основное количество молоди наваги держится отдельно от взрослых особей, в отличие от осеннего периода – основного ежегодного времени сбора биостатистических материалов (рис. 13). В снюрреводных уловах, за исключением 2019 г., преобладали четырёхлетние особи (3+), составлявшие 28–54% от пойманных рыб. В 2025 г. их доля снизилась до 40%. Таким образом, в 2025 г. в промысловых уловах наибольшей долей отличалось поколение 2022 г. рождения (3+), составившее 40,3% от численности всех

рыб. Значительную часть уловов составило также поколение 2021 г. рождения (4+) в уловах 2024 г. (54%), — 28,6% от пойманных рыб.

Определение биологических ориентиров

Ориентиры управления были определены в 2011 г. Остались они неизменными и в обосновании ОДУ карагинской наваги на 2027 г.

По кривой равновесного улова на рекрута (рис. 14) и из эмпирической зависимости «запас-пополнение» (рис. 15) были определены значения целевого ориентира по промысловой смертности $F_{tr}=F_{MED}=0{,}42$ 1/год и нерестовой биомассе $B_{tr}=SSB(F_{MED})=56{,}4$ тыс. т.

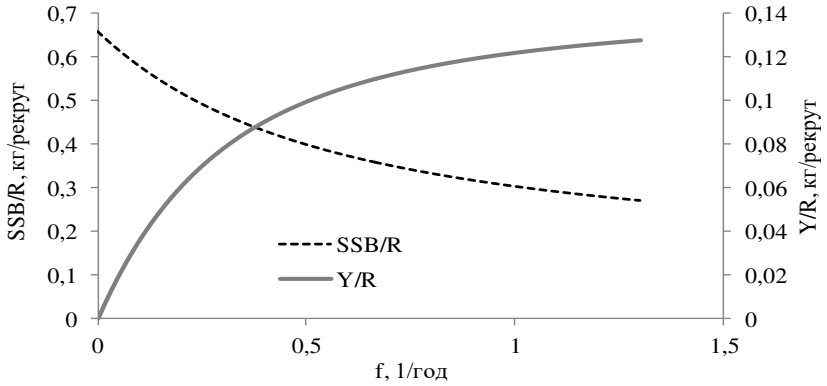


Рис. 14. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

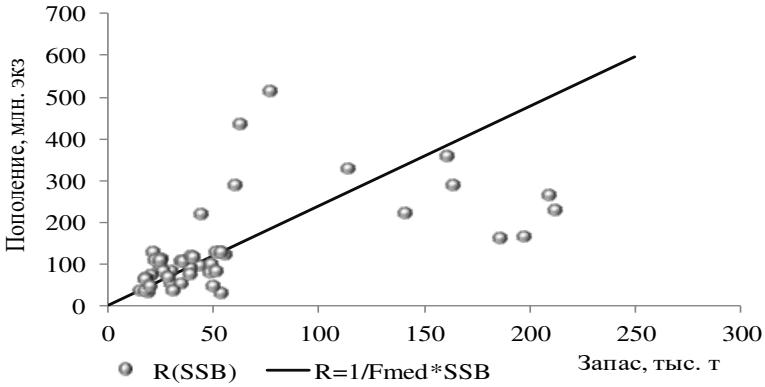


Рис. 15. Зависимость «запас-пополнение» у карагинской наваги

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{lim} по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998] $F_{lim}=0{,}486$ 1/год. Значение F_0 приняли равным нулю. Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за ретроспективный период с учетом неопределенности:

$B_{lim}= B_{loss}\ EXP(t_{s90\%}\times\sigma)=19{,}0$ тыс. т, где:

$\sigma=0{,}15$ — стандартная ошибка B_{loss},

$t_{s90\%}=1{,}645$ — коэффициент Стьюдента доверительной вероятности 90%.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) карагинской наваги, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация с постоянной интенсивностью на уровне F_{tr}. Схема ПРП представлена на рисунке 16.

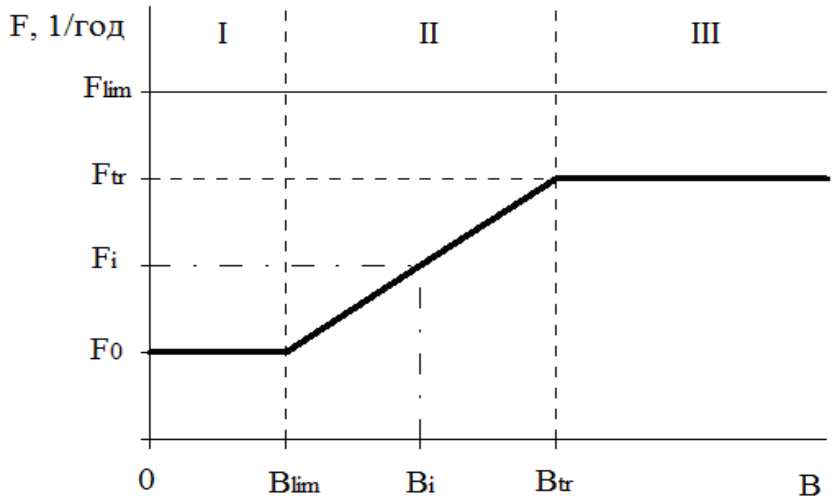


Рис. 16. Правило регулирования промысла карагинской наваги

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

F_{reci}= 0, при B_i<B_{lim},

F_{reci}= F_{tr}(B_i– B_{lim}) / (B_{tr}– B_{lim}), при B_{lim}<B_i<B_{tr},

F_{reci}= F_{tr} = const, при B_i>B_{tr}.

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз состояния запаса карагинской наваги на двухлетнюю перспективу, как и в прошлые годы, выполнили по методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000].

Для прогнозирования запаса использовали те же соотношения (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. (F=0,292 1/год) соответствует ОДУ, равному 7,3 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднюю за 10 последних лет численность 2-годовиков. По прогнозам, численность пополнения (R (2)) в 2026–2027 гг. составит 94,55 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса в 2026–2027 гг. (табл. 9). По нашим прогнозам, при пополнении на уровне среднего за последние 10 лет, после 2026 г. ожидается незначительное снижение запасов карагинской наваги.

Таблица 9

Оценки численности биомассы карагинской наваги на 2025–2027 гг.

Показатель	Возраст, лет							Всего
	2	3	4	5	6	7	8	
2025								
Численность, млн экз.	74,62	62,12	31,96	14,84	3,63	2,66	0,24	190,1
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,015	0,075	0,124	0,133	0,134	0,134	0,134	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,635	0,601	0,569	0,556	0,546	0,536	0,536	
Биомасса, тыс. т	12,01	16,21	11,25	6,28	1,81	1,50	0,14	49,2
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	5,05	14,57	10,73	6,10	1,74	1,46	0,13	39,8
2026								
Численность, млн экз.	94,55	47,41	37,33	18,17	8,26	1,98	1,42	209,1
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,034	0,164	0,270	0,290	0,292	0,292	0,292	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,624	0,550	0,492	0,476	0,467	0,458	0,458	
Биомасса, тыс. т	15,21	12,35	13,17	7,83	4,07	1,07	0,82	54,5
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	6,40	11,03	13,04	7,82	4,07	1,07	0,82	44,3
ОДУ, тыс. т	0,41	1,52	2,55	1,60	0,83	0,22	0,16	7,3
2027								
Численность, млн экз.	94,55	59,00	26,09	18,35	8,65	3,86	0,91	211,4
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,032	0,157	0,260	0,279	0,281	0,281	0,281	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,625	0,554	0,497	0,481	0,472	0,463	0,463	
Биомасса, тыс. т	15,21	15,37	9,21	7,91	4,27	2,09	0,52	54,6
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	6,40	13,72	9,11	7,90	4,27	2,09	0,52	44,0
ОДУ, тыс. т	0,39	1,83	1,72	1,56	0,84	0,41	0,10	6,9

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

На начало 2027 г. биомасса нерестового запаса составит 44,0 тыс. т, что соответствует области восстановления эксплуатируемого запаса (режим II на рис. 16). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности в 2026 г. составит 0,281 (1/год).

Величину ОДУ на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$ [Бабаян, 2000], где:

s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j — масса особей, M_j — МКЕС, $N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы, F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно ПРП, вылов карагинской наваги в 2027 г. может составить 6,9 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является статистическое имитационное моделирование динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при среднемноголетней величине пополнения и рекомендуемой согласно правилу регулирования промысла интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 17, при соблюдении ПРП запас карагинской наваги в ближайшие 10 лет с вероятностью 95% не выйдет за биологически безопасные границы.

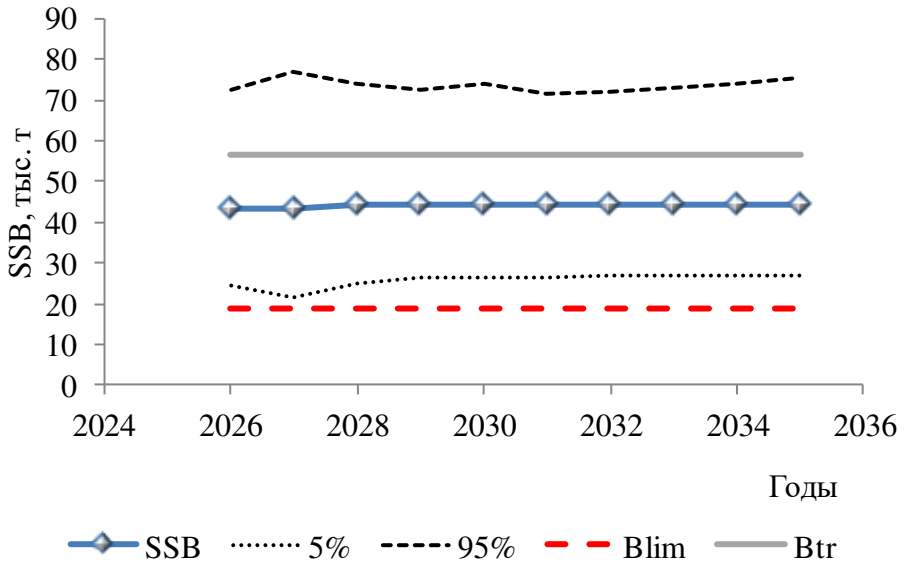


Рис. 17. Модельная динамика биомассы нерестового запаса карагинской наваги при рекомендуемой согласно правилу регулирования промысла интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ

рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону как функция величины годового вылова в прогнозные годы: P (SSB_{2028}<B_{lim}/$ОДУ_{2026}$, $ОДУ_{2027}$) и P (F_{2027}>F_{lim}/$ОДУ_{2026}$, $ОДУ_{2027}$). Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению и риск перелова по росту при рекомендуемой величине ОДУ карагинской наваги 6,9 тыс. т не превышает рекомендованный уровень α=0,2 [Бабаян, 2000] (рис. 18).

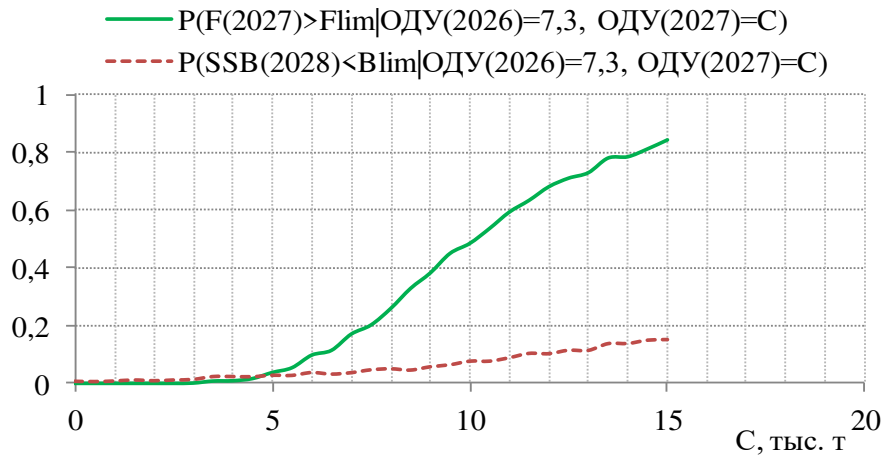


Рис. 18. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса карагинской наваги

Окончательный вид ПРП карагинской наваги с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2010 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 19.

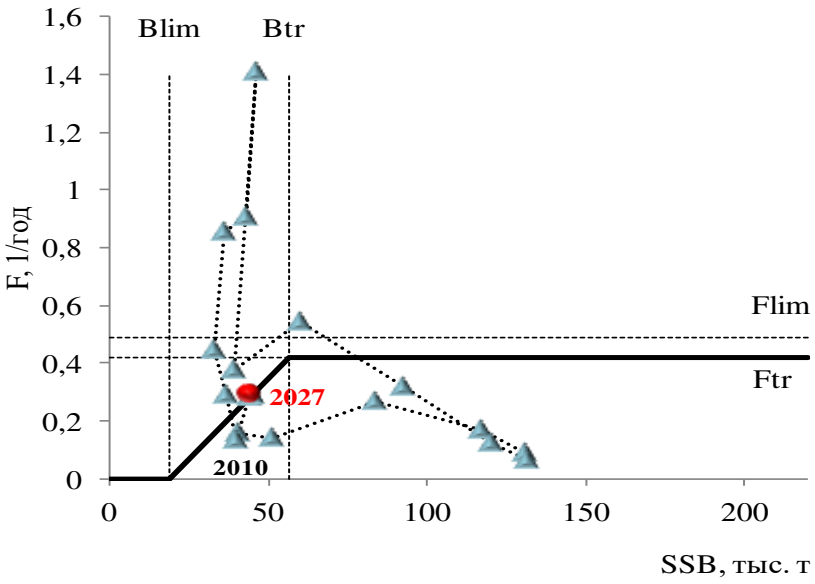


Рис. 19. Реализация правила регулирования промысла карагинской наваги

Таким образом, **ОДУ наваги в Карагинской подзоне в 2027 г.** составит **6,900 тыс. т**.

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: А.В. Метленков («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Информационной основой для написания прогноза ОДУ наваги Южных Курил на 2027 г. послужили данные промысловой статистики ОСМ Росрыболовства за 2009–2025 гг., данные из промысловых уловов малых ставных неводов побережья о-ва Кунашир за 2009–2024 гг., данные донных траловых съемок на НИС «Дмитрий Песков» и «Профессор Пробатов» в 2008–2012, 2014, 2020 гг., НИС «Бухоро» в 2018 г.

Для анализа биологического состояния наваги использована информация 5978 ПБА и 48114 массовых промеров. В 2024 г. проанализировано 300 рыб, промерено 951 экз. наваги. В 2025 г. работы по сбору материала не проводили.

По информационному обеспечению прогноз ОДУ наваги Южных Курил можно отнести к I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104), так как имеются данные о размерной и возрастной структуре популяции, уловы на усилие (CPUE), данные учетных съемок.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Расчет численности и биомассы поколений, которые формируют запас наваги, выполняли математической моделью «Когортный анализ с фильтром Калмана» (КАФКА), разработанной для оценки структурированных по возрасту запасов гидробионтов [Михеев, 2016]. Модель КАФКА принадлежит к классу статистических когортных моделей, учитывающих наличие случайных факторов, влияющих на динамику численности запаса и на процесс лова [Gavaris, 1988; Methot, 1989; Васильев, 2001; Михеев, 2003]. Для разделения стохастического шума в оцениваемой системной переменной (численности запаса) и случайных погрешностей в наблюдениях (уловах на усилие) использован фильтр Калмана (ФК) [Kalman, 1960]. Таким образом, общая неопределенность раскладывается на ошибки в наблюдениях и шум в переменной состояния. Оценка состояния системы в ФК определяется как взвешенная сумма наблюдений по имеющимся источникам информации (орудиям лова, флотам, периодам промысла в многолетнем и сезонном варианте и т.п.) и основанного на модели прогноза. Доверительные интервалы оценок переменных состояния в этом случае сужаются приблизительно на величину взвешенного доверительного интервала наблюдений по имеющимся источникам информации. Это одно из преимуществ концепции ФК над классической концепцией «ошибок в переменных», используемой во многих современных когортных моделях [Schnute, 1994].

В модель «Кафка» были заложены данные, разделенные на четыре массива:

1. Таблица уловов по годам (столбцы) и возрастам (строки) в млн экз. Возрастной состав за 2024 г., при отсутствии наблюдений, взят как средний за последние пять лет;

2. Столбец абсолютных значений промысловой численности (млн экз.) по годам, оцененной по результатам учетной съемки (рис. 20). Расчет по данным траловых съемок был выполнен площадным методом, реализованным в ГИС «Картмастер» [Бизиков и др., 2007]. Для расчета выбран вариант сплайн-аппроксимации, расчет проводился внутри оконтуривания, проведенного по крайним станциям. Береговая линия обнулялась, с пропуском 5 точек;

3. Таблица уловов на единицу промыслового усилия (млн экз./усилие) по типам усилий (столбцы) и годам (строки) по данным промысловой статистики. В качестве промыслового усилия был использован вылов на судосутки по разным типам судов;

4. Столбец среднемноголетних навесок (кг) по возрастам по данным биоанализов (табл. 10).

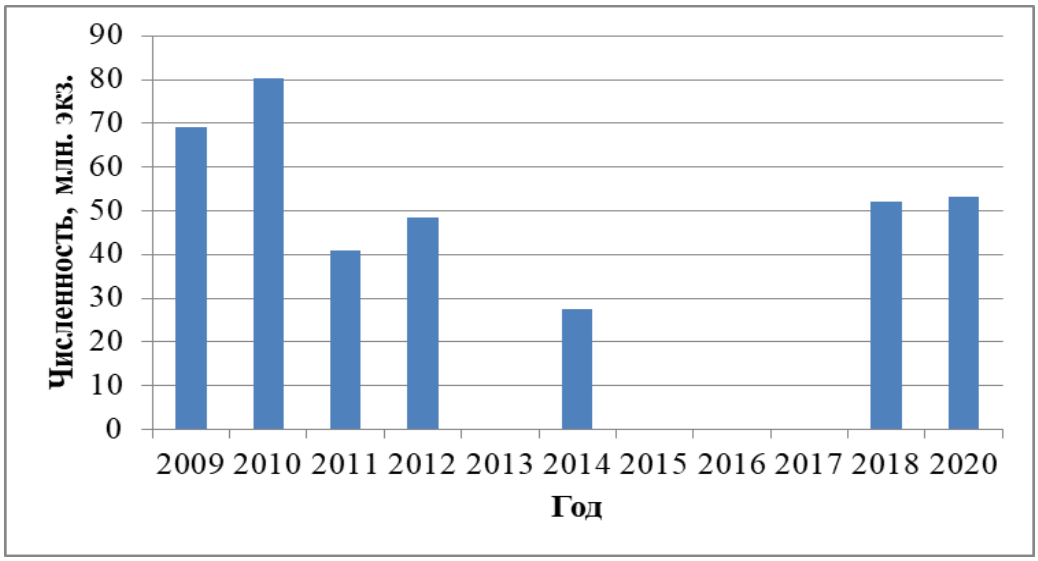


Рис. 20. Численность наваги в районе южных Курильских островов по данным траловых съемок в 2009–2012, 2014, 2018, 2020 гг.

Таблица 10

Среднемноголетняя масса тела (*Wt*) наваги южных Курильских островов по возрастам за 2009–2024 гг.

Показатель	Возрастная группа							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Wt	0,08	0,21	0,34	0,47	0,65	0,70	0,84	0,91

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

В последние годы промысел наваги в районе Южных Курил развит довольно слабо. В силу специфики промысловой обстановки традиционный

способ лова наваги вентерями не организуется. Судовой промысел, который обычно базируется на преднерестовых и нерестовых миграциях (ноябрь–февраль), в настоящее время также развит слабо, навага учитывается как прилов при промысле других видов рыб. Учитывая гидрологические и метеорологические особенности промыслового района, основной вылов наваги судами в последнее десятилетие отмечается в декабре (рис. 21).

В настоящее время относительно успешно лов наваги осуществляется в мае–июне ставными неводами у побережья о-ва Кунашир. В соотношении вылова бригадами прибрежного лова и судового промысла за последние 10 лет несколько преобладает активный промысел, в то время как динамика по годам показывает, что соотношение вылова подвержено значительным изменениям (рис. 22). На распределение усилий влияет состояние популяции наваги: если в прибрежных уловах преобладает молодь непромысловой длины, то рыбаки вынуждены выпускать мелкую навагу. В судовых промысловых уловах доминируют крупные половозрелые особи.

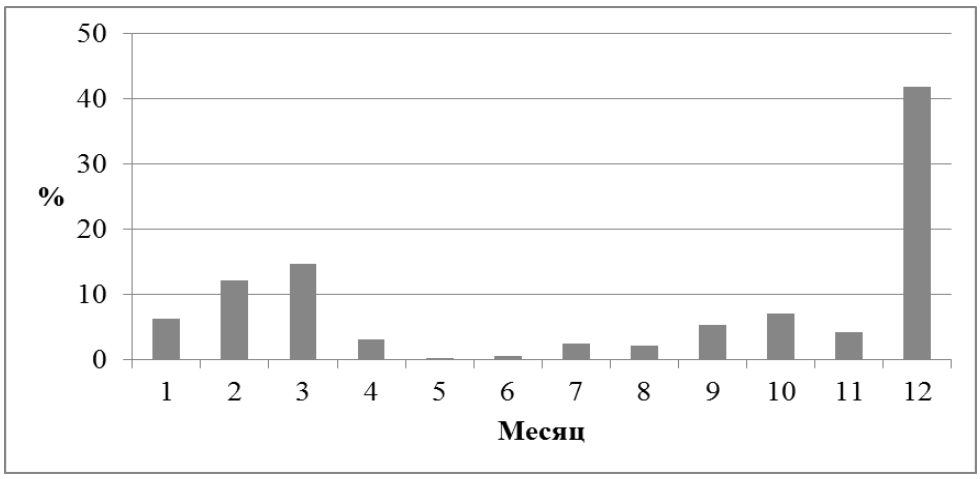


Рис. 21. Среднемноголетнее значение судового вылова наваги Южных Курил по месяцам за период с 2016 по 2025 гг.

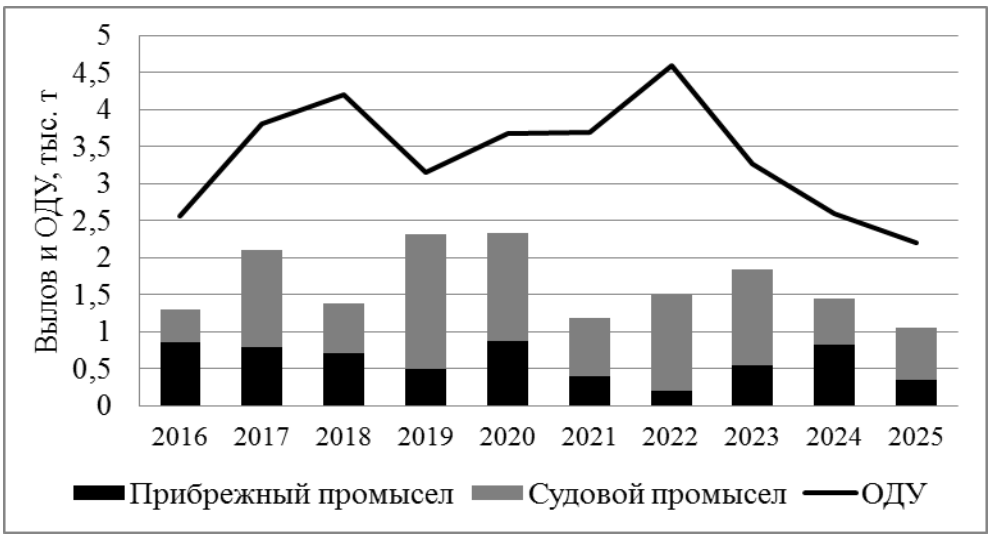


Рис. 22. Динамика судового и прибрежного вылова наваги в Южно-Курильской зоне в 2016–2025 гг.

Объем вылова наваги российскими рыбаками в 2016–2025 гг. изменялся от 1,18 тыс. т (2021 г.) до 2,315 тыс. т (2019 г.), в среднем составив 1,6 тыс. т (табл. 11).

В среднем освоение ОДУ российской стороной за 2016–2025 гг. составило 47,9%. Средний вылов японским флотом за период 2016–2025 гг. составил 0,01 тыс. т, или в среднем 0,2% от ОДУ.

Таблица 11

Освоение ОДУ наваги у южных Курильских островов в 2016–2025 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов РФ, тыс. т	Вылов Япония, тыс. т	Освоение РФ, %
2016	2,56	1,287	0,01	50,3
2017	3,8	2,089	0,0162	55
2018	4,2	1,385	0,0098	33,0
2019	3,16	2,315	0,0089	73,3
2020	3,67	2,300	0,01252	62,7
2021	3,7	1,185	0,00882	32,0
2022	4,6	1,535	0,009	33,4
2023	3,26	1,844	-	56,6
2024	2,6	1,447	-	55,7
2025	2,2	1,053	-	47,9
Среднее	3,4	1,644	0,011	48,4

В 2025 г. вылов Россией составил 1,053 тыс. т (47,9% от ОДУ), информацией по вылову японским флотом не располагаем.

В мае–июне в период промысла «разнорыбицы» малыми ставными неводами в уловах с 2015 по 2024 г. отмечаются рыбы длиной 14–45 см. В 2024 г. в уловах неводов линейные размеры изменялись от 14 до 42 см, в среднем составив 30,3 см. Преобладающую основу уловов составляют рыбы длиной от 26 до 32 см (74,3%) (рис. 23).

В уловах встречается навага в возрасте от 1 до 7 лет, но основу (54–88%) промысла обычно составляют две возрастные группы (2+, 3+). В отдельные годы возрастает доля рыб в возрасте 1+ (неполовозрелые) (2015, 2016 гг.). Особи старше 4 лет существенного значения в уловах не имеют (2,8–17%). В 2024 г. основу улова составили рыбы в возрасте 2+ – 53,4% (рис. 24).

Материалы по размерному составу, полученные с помощью учетных траловых съемок, и данные промысловых уловов ставного невода показывают ощутимо различающиеся результаты (рис. 25). В неводных уловах в 2020 г. в основном отмечена крупная рыба. В уловах учетной траловой съемки отмечено бимодальное распределение с доминированием молоди длиной 13–14 см.

По данным траловой съемки 2020 г. встречаемость наваги составила 59%, это наиболее высокая величина среди представителей тресковых. Навага была широко распределена в Южно-Курильском проливе и у зал. Касатка в диапазоне глубин 18–140 м. Основные скопления

располагались в южной части Южно-Курильского пролива и к северо-востоку от о-ва Шикотан. Средняя плотность концентраций вида по всему району обитания составляла 0,92 т/милю^2 (в 2018 г. – 1,48 т/милю^2), его максимальная величина достигала 9,5 милю^2.

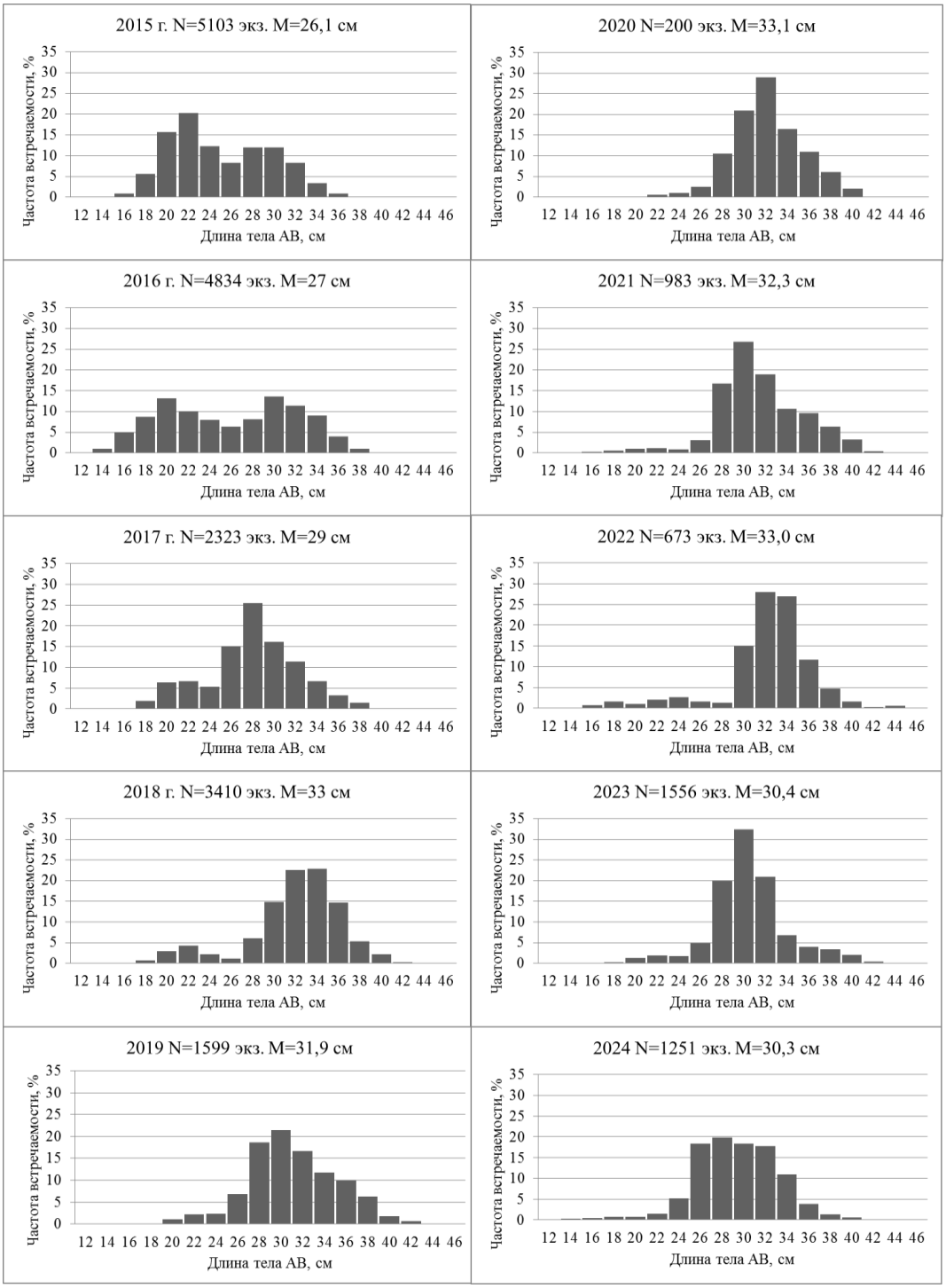


Рис. 23. Размерный состав дальневосточной наваги южных Курильских островов из уловов ставными неводами в мае–июне 2015–2024 гг.

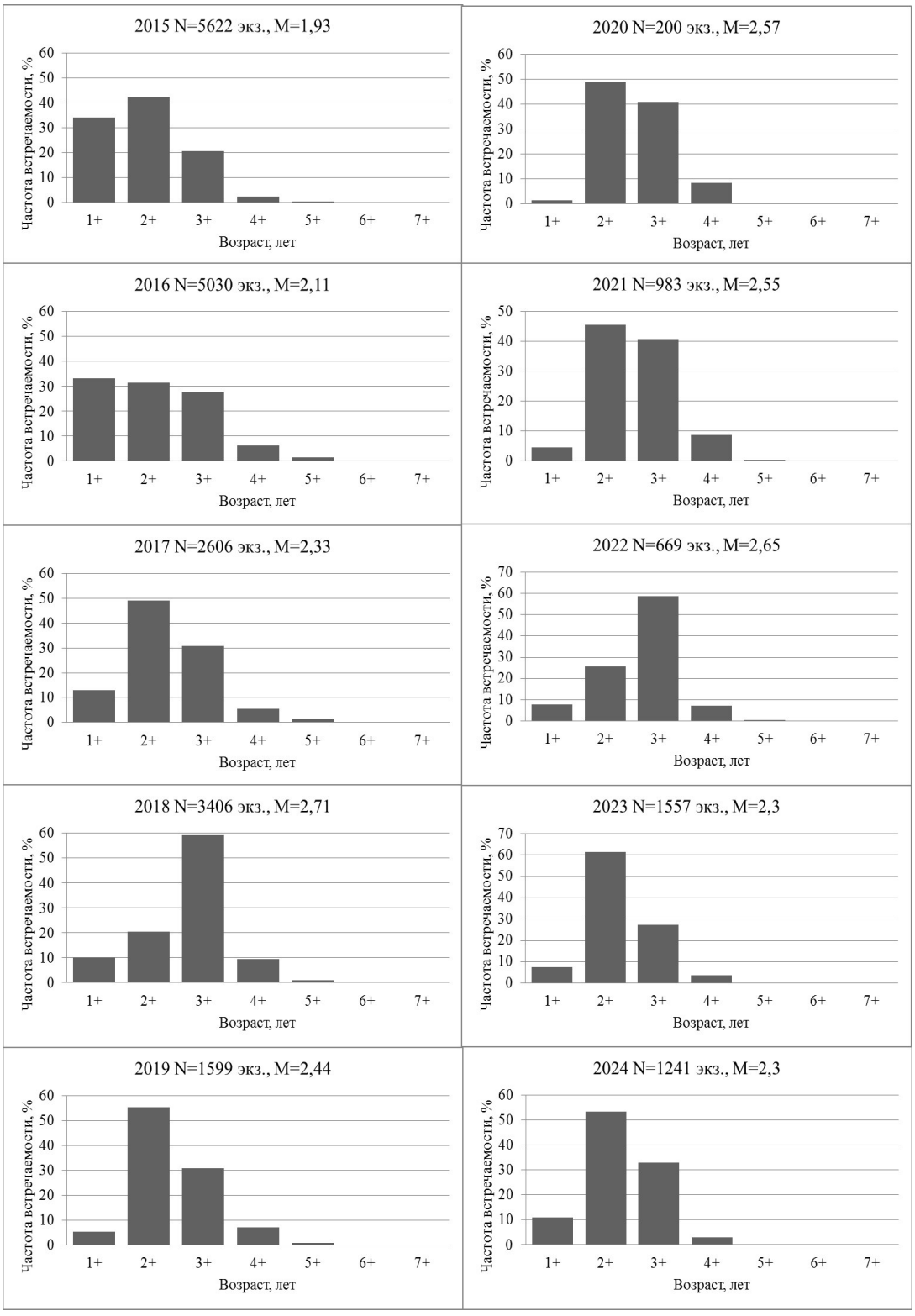


Рис. 24. Возрастной состав наваги Южных Курильских островов из уловов малых ставных неводов в 2015–2024 гг.

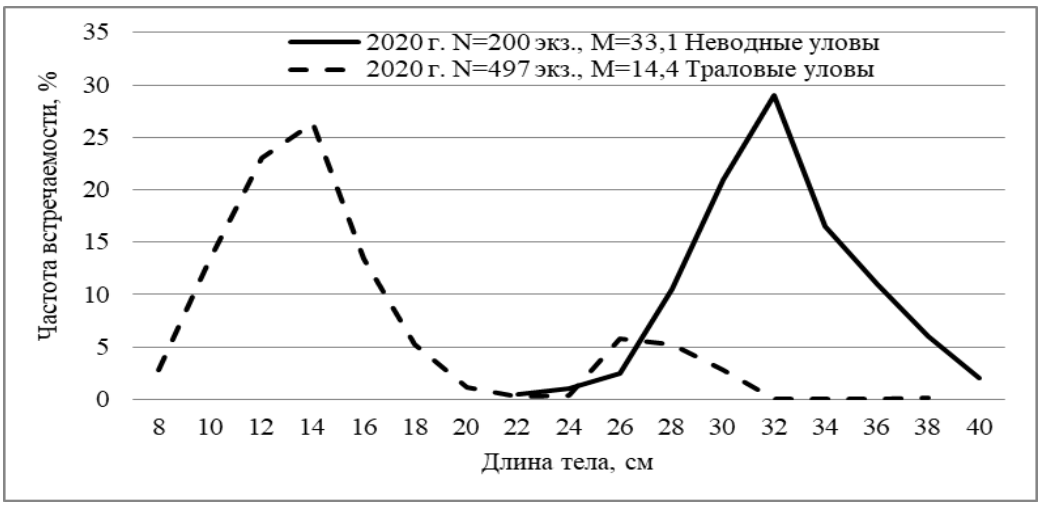


Рис. 25. Размерный состав наваги из уловов малого ставного невода в мае и донного трала учетной съемки, проведенной в октябре 2020 г.

Навага Южных Курил не испытывает значительного промыслового воздействия, что дает основания полагать, что динамика запаса обусловлена внутрипопуляционными причинами и факторами внешней среды.

По расчетным данным, минимальное значение биомассы наблюдалось в 2016 г. и составило 4,72 тыс. т, максимальное – в 2012 г. (41,44 тыс. т). Среднее значение биомассы наваги с 2009 по 2025 г. — 14,3 тыс. т (рис. 26).

Так как для наваги характерно формирование основы запаса несколькими, идущими подряд поколениям, есть все основания предполагать, что в ближайшие годы основу запаса составят поколения 2024–2025 гг. рождения.

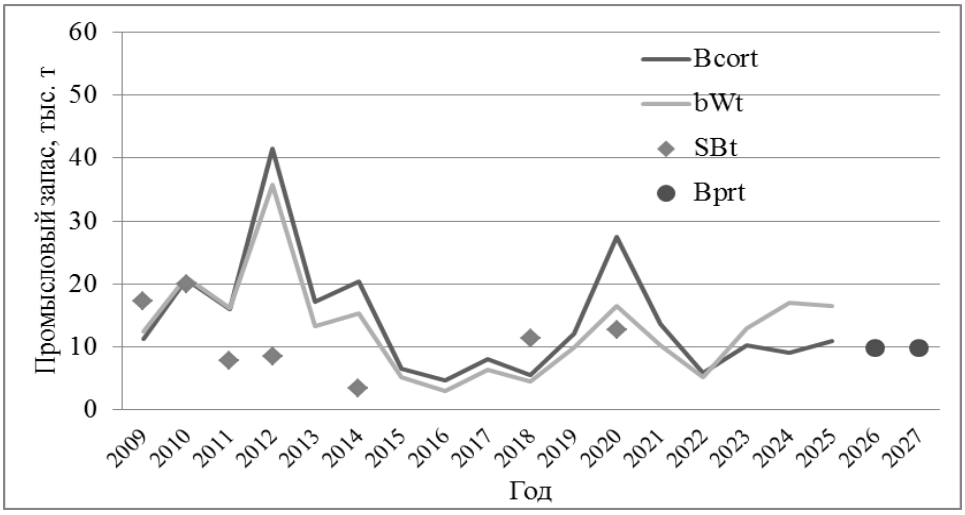


Рис. 26. Динамика скорректированных оценок запаса (Bcort, тыс. т) и ее прогноз (Bprt) до 2027 г. для наваги Южно-Курильской зоны по результатам модели КАФКА на фоне оценок учетных траловых съемок (SBt) и взвешенного индекса запаса (bWt)

Определение биологических ориентиров

Для построения ПРП выполнили имитационное моделирование динамики запаса при различных уровнях промысловой нагрузки. Целевой

ориентир по промысловой смертности определялся как максимум кривой оптимального изъятия (рис. 27), соответствующая ему биомасса послужила целевым ориентиром по биомассе. Граничный ориентир по промысловой смертности определялся как изъятие, при котором наблюдается устойчивая тенденция к снижению запаса. Граничный ориентир по биомассе принимался равным 20% от девственной биомассы, буферный – 20% от верхней доверительной границы оценки этой величины.

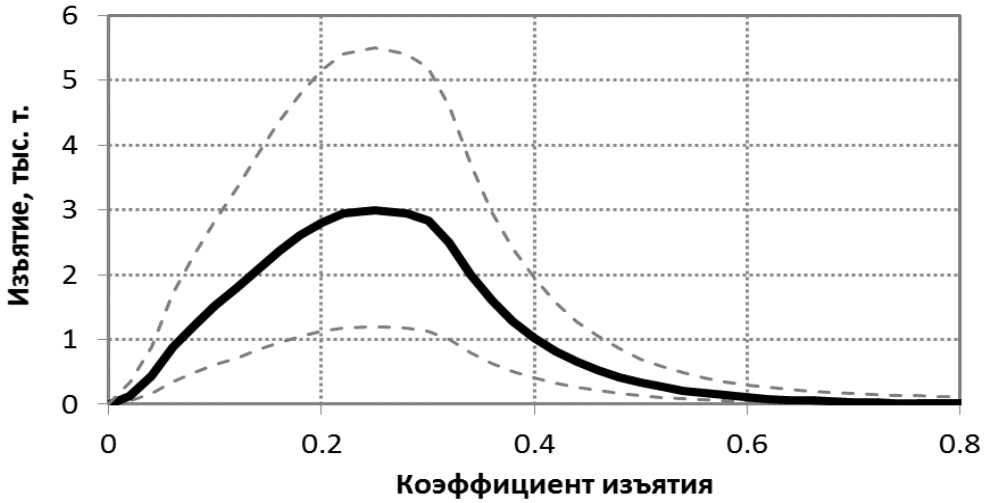


Рис. 27. Кривая оптимального изъятия, полученная по результатам имитационного моделирования

Таким, образом, ориентиры по биомассе были оценены следующими величинами: B_{tr}=12 тыс. т, B_{lim}=2,4 тыс. т, ориентиры по изъятию: u_0=0,0005, u_{tr}=0,25, u_{lim}=0,4.

Обоснование правила регулирования промысла

Для регулирования промысла наваги Южных Курил целесообразно использовать модификацию предосторожного подхода для сильно флюктуирующих запасов рыб [Бабаян, 2000]. Промышленный вылов этой единицы запаса за последние годы в среднем составляет порядка 50% от рекомендованного к освоению, влияние промысла не является лимитирующим фактором. В настоящее время в регуляции ее численности на первый план выходят внутрипопуляционные причины. Как известно, мощность промысловой части популяции наваги в первую очередь определяется вступлением в промысел высокочисленных поколений наваги. Поэтому рациональное использование запаса наваги подразумевает сохранение воспроизводительной способности запаса, достаточной для того, чтобы не нарушать природную специфику динамики численности.

ПРП для запаса наваги Южных Курил в графической форме представлено на рисунке 28.

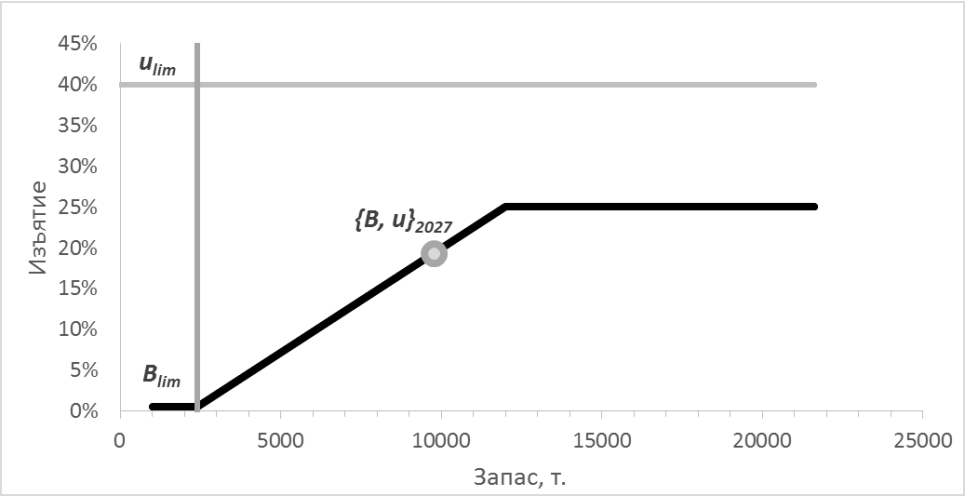


Рис. 28. Схема регулирования промысла наваги Южных Курил

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз наваги на 2027 г. выполнен математической моделью «Когортный анализ с фильтром Калмана» (КАФКА). На данном этапе при помощи модели производили расчет вперед с учетом убыли численности поколений по возрастам и заданным выловом на один прогнозируемый год. Среднее изъятие в период с 2016 по 2025 г. равняется 1,6 тыс. т. Численность пополнения взята как среднемноголетнее за 2017–2025 гг.

Расчетная численность промысловой части популяции в 2027 г. прогнозируется в 47,14 млн экз., биомасса – 9,77 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

При прогнозируемой величине запаса равной 9,77 тыс. т, уровень допустимого изъятия составит 20% (рис. 28), что округленно соответствует 1,95 тыс. т. Таким образом, **ОДУ наваги в Южно-Курильской зоне в 2027 г.** составит **1,950 тыс. т**.

Анализ и диагностика полученных результатов

Для оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, был проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира и превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовалось программное обеспечение «ТАС», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабельном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 29) вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} на прогнозный год, при определении ОДУ

наваги на 2027 г. на уровне 2,0 тыс. т не превышает уровень приемлемого риска 10–30% [Бабаян, 2000].

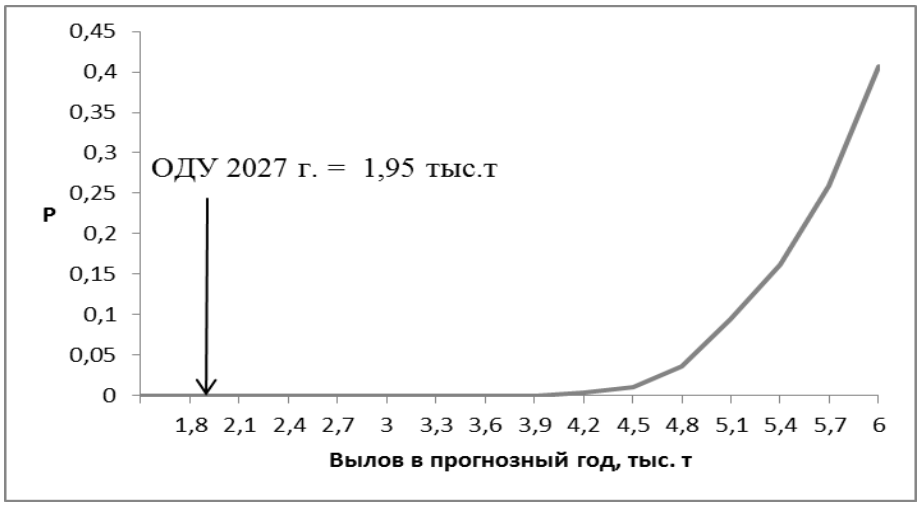


Рис. 29. Вероятность (Р) превышения граничного ориентира (прямая линия) наваги Южно-Курильской зоны на 2027 г.

Также были оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира, при различных уровнях годовой промысловой смертности. Расчеты показали, что при промысловой смертности, равной 0,2, риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при изъятии на рекомендованном уровне отсутствует.

61.05 - Зона Охотское море

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: О.В. Новикова, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов наваги у Западной Камчатки в 2025 г., прогноза состояния запаса и обоснования ОДУ в 2027 г. положены следующие материалы:

— данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов с судов типа МРС в мае 2025 г. на береговых заводах, принадлежащих АО «РЫБХОЛКАМ» (п. Озерновский) (массовые промеры (МП) — 523 экз., полные биологические анализы — 140 экз.);

— данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов с СТР-420

«Мыс Золотой» в Камчатско-Курильской подзоне в январе-марте 2025 г. (МП – 1958 экз.);

— многолетние промыслово-биостатистические данные, результаты донных траловых съемок с 1987 г.;

— данные из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что значительная часть годового вылова наваги у Западной Камчатки не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза от 06.05.2022 г. № 285, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД. В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП) по состоянию на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове наваги получали по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Сведения об общем вылове наваги в 2012–2024 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для западнокамчатской наваги есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1987 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, оценки мгновенных коэффициентов естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса и возрастной состав рыб на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, начиная с 2000 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всестороннего аналитического

оценивания состояния запаса и обоснования ОДУ наваги в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

С 2024 г. для оценки состояния запасов западнокамчатской наваги используется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Предварительные расчеты и предыдущие оценки запаса западнокамчатской наваги показали, что наиболее предпочтительный вид моделируемой функции селективности – логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))}.$$

При моделировании запаса наваги у Западной Камчатки предполагалось, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) постоянны и являются оцениваемым параметром модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения гауссовский $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$;

— шум процесса для уравнения динамики численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шум наблюдений для индекса общей биомассы I_t^2 (учтенная общая биомасса по данным донных траловых съемок) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

— шум наблюдений для индексов численности I_t^{N2}, I_t^{N3} (учтенная численность 2х и 3х годовиков) $\varepsilon_t^{IN} \sim N(0, \sigma_{IN}^2)$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sum_C)$. Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам $\sum_C$ предполагается кусочно-квадратичной (в виде двух ветвей парабол с разным наклоном и общим минимумом), корреляционная структура матрицы $\sum_C$ — типа авторегрессии второго порядка (AR (2)). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели.

Для коэффициента естественной смертности западнокамчатской наваги выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.2^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными. Для неизвестных параметров шумов границы допустимой области оценок были определены отрезком [0,0001; 1,0]. Если при оптимизации целевой функции оценка какого-либо из параметров

выходила на границу, его исключали из оцениваемых параметров, а значение параметра принимали равным этому граничному значению при окончательном расчете.

Априорная оценка вектора состояния основывается на предыдущих оценках состояния запаса этого объекта. Априорную ковариационную матрицу ошибки оценивания задали в виде диагональной единичной матрицы:

$$R_0 = \mathrm{diag}\left[\underbrace{1,\ldots,1}_{n_a=8}, 1, 0{,}25, 0{,}25\right].$$

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов на R - языке программирования для статистической обработки данных.

Для настройки модели использовали следующую информацию:

— Оценки общей биомассы наваги у Западной Камчатки в 2000–2011, 2014, 2020, 2022 и 2024 гг. по результатам донных траловых съемок, стандартизированные по полигону. Учитывая, что в некоторые годы они проводились по разной сетке станций, результаты съемок привели к одному стандартному полигону (рис. 30). В 2012–2013 гг. учетные съемки были выполнены только до глубин 100 м, поэтому, данные за эти годы не использовали, результаты съемки 2021 г. в отношении наваги признаны недостоверными, поскольку, очевидно, из-за малого количества станций запас был существенно недоучтен. В 2006, 2023 и 2025 гг. учетные работы не проводились.

Исходные данные для модели следующие:

— вылов (млн экз.) западнокамчатской наваги по возрастам (2–9 лет) и годам (1987–2025 гг.) (подзоны Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская). Возрастной состав рассчитали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста в 2011–2025 гг. (28776 экз.);

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 31, А);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе–марте (рис. 31, В).

Плотность рыб и величину индекса общей биомассы наваги на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютина, 1968] с предварительной разбивкой на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использована программа ArcVeiw Gis 3.3 (проекция — Albers Equal-Area Conic, сфероид Красовского). Для расчетов использовали только безаварийные траления либо траления с незначительными неполадками. При оценке индекса запаса коэффициент уловистости принят равным 1 [Варкентин и др., 2019].

— Данные об уловах на единицу промыслового усилия относительно малотоннажных судов, ведущих промысел снюрреводами в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах.

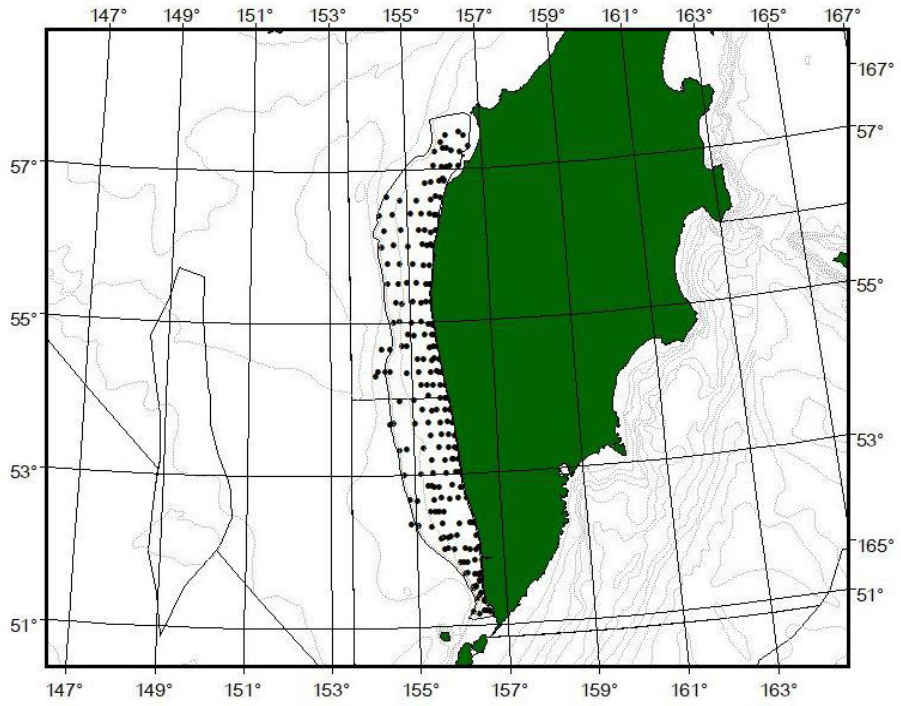


Рис. 30. Схема станций донной траловой съемки, выполненной у Западной Камчатки в июле–августе 2024 г. (обозначены границы стандартного полигона)

— Возрастной состав западнокамчатской наваги (2–9 лет) и годам (2000–2011, 2014–2020, 2022 и 2024 гг.) на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных у Западной Камчатки.

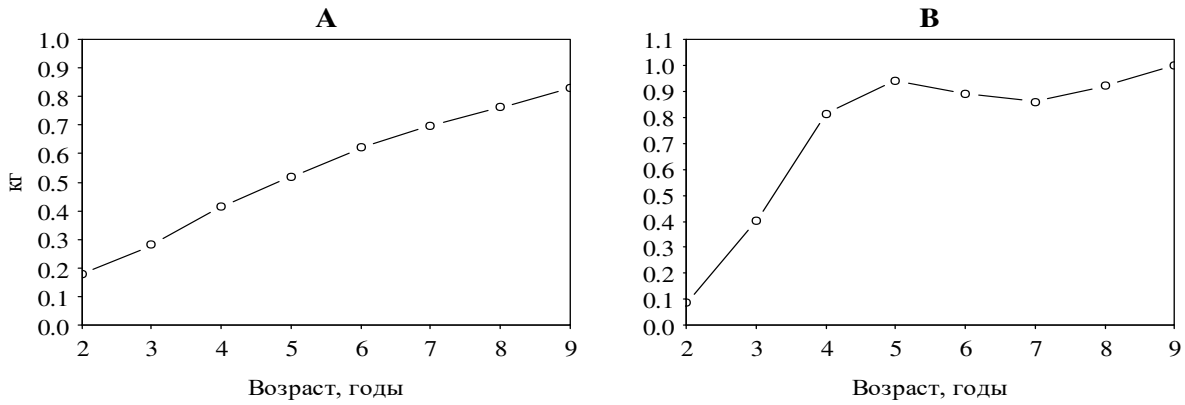


Рис. 31. Исходные данные для модельных расчетов. Среднемноголетняя масса (А) и среднемноголетняя доля зрелых рыб (В)

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Поскольку предполагается, что на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция наваги [Шунтов, 1985; Борец, 1997; Новикова, 2007], то запасы этого вида рассматриваются на шельфе Западной Камчатки как единое целое. Эта точка зрения осталась неизменной и в настоящем прогнозе. Оценка запасов и определение вылова выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами, исходя из прогнозируемого

распределения запаса, особенностей промысла и распределения рыб в течение жизненного цикла.

Состояние запаса. Основываясь на данных многолетней промысловой статистики, в Камчатско-Курильской подзоне изымалось в среднем 70% улова наваги всей Западной Камчатки. Однако результаты донных траловых съёмок, проведённых на западнокамчатском шельфе, показали, что, начиная с 2005 г., происходило перераспределение биомассы этого вида между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами [Новикова, 2010]. В связи с этим, ежегодное формирование на шельфе районов промысловых концентраций наваги наибольшей плотности довольно неустойчиво. До 2016 г. основные её скопления были сосредоточены в Западно-Камчатской подзоне, в 2017 г. — в Камчатско-Курильской, а далее — вновь в Западно-Камчатской (рис. 32).



Рис. 32. Межгодовая динамика соотношения учтённой биомассы наваги в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах по результатам донных траловых съемок, %

По результатам последней донной траловой съемки, проведенной в 2024 г., скопления наваги повышенной плотности располагались вдоль всего шельфа на глубинах до 100 м (рис. 33). Уловы вида на 1 час траления варьировали от 0,022 до 3395,5 кг, при среднем значении около 271 кг. Доля вида по массе достигала 77,6% и, в среднем, составляла 10,0%. По всему району исследований плотность рыб составляла 6,830 тыс. экз/км^2 или 1,543 т/км^2. В межгодовом аспекте, средняя плотность наваги и по численности, и по биомассе в 2024 г. была выше, чем в 2022 г.

По данным донных траловых съёмок, увеличение общей биомассы наваги до аномально высокого значения в 2018 г., в 2019–2020 гг. сменилось ее постепенным снижением. Результаты учетных работ в 2024 г. показали, что биомасса наваги находится на уровне 2015–2017 гг. (рис. 34).

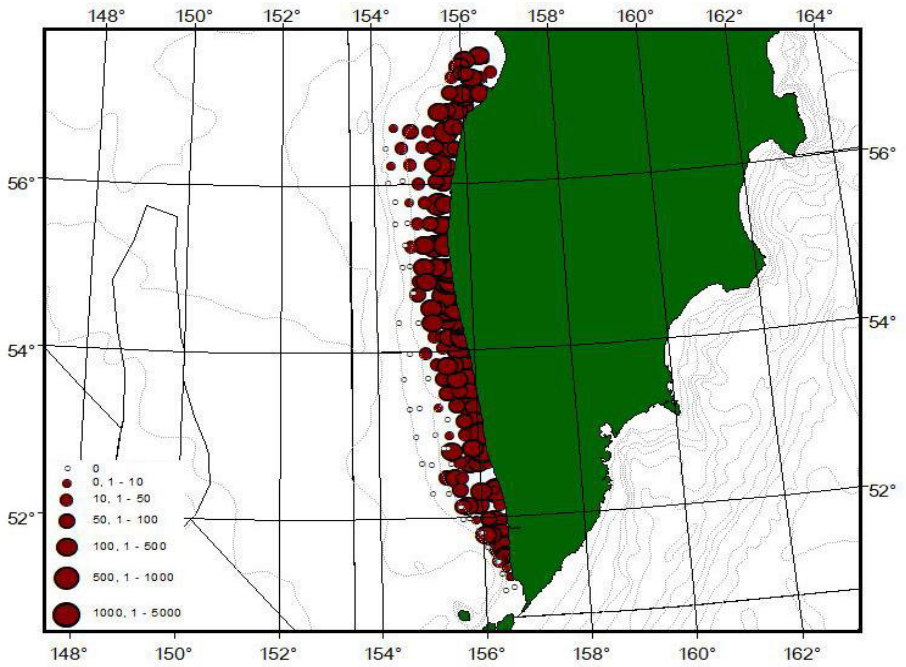


Рис. 33. Распределение уловов наваги у Западной Камчатки, по результатам донной траловой съемки в июле–августе 2024 г., кг/час траления

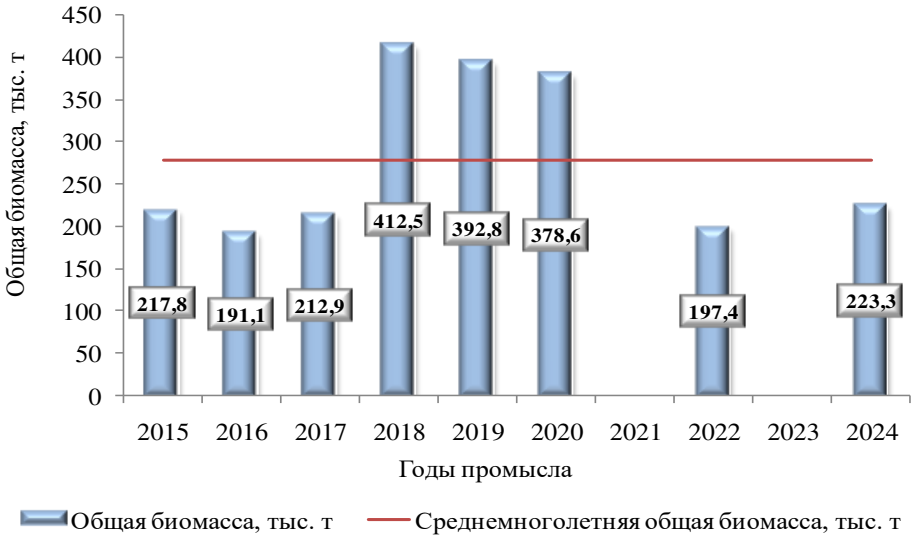


Рис. 34. Межгодовая динамика общего запаса биомассы западнокамчатской наваги, по результатам донных траловых съемок (среднемноголетнее значение – 278,3 тыс. т)

В уловах учетным тралом размерно-возрастной состав наваги с 2015 по 2024 гг. изменялся весьма существенно (рис. 35).

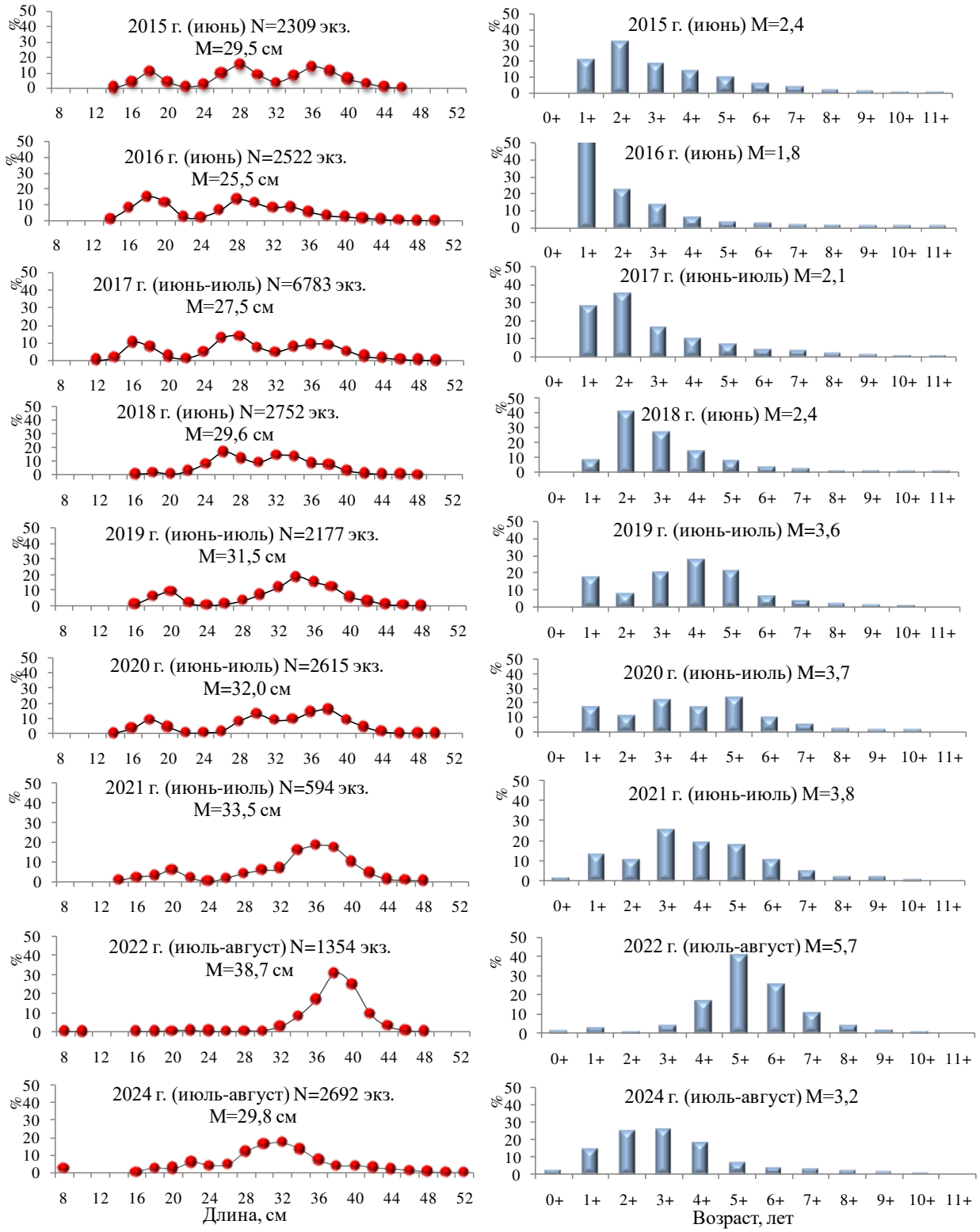


Рис. 35. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава западнокамчатской наваги на стандартном полигоне по данным донных траловых съёмок

До 2016 г. преобладающей размерной группой являлись рыбы длиной 28–36 см, а возрастной – 2+–4+ лет. В 2016–2018 гг. прилов наваги в возрасте двух и трех лет был максимальный, а в 2019–2021 гг. основными доминирующими группами были рыбы в возрасте 3+–5+ лет. В 2022 г. длина рыб изменялась от 6 до 48 см. Выделялась модальная группа 36–40 см

(72,2%). В уловах преобладали особи от 4+ до 7+ лет, составившие около 90% от учтённых рыб. Доля однолетних и двухлетних рыб, по сравнению с 2020 г. (25,9%), составила около 2,5%. За счет большего присутствия в уловах старшевозрастных групп, средняя длина наваги увеличилась до 38,7 см. В отличие от донной съемки 2022 г., результаты работ в 2024 г. показали значительное присутствие в уловах молодых рыб в возрасте 0+–2+ (40,6%). Доминирующей группой являлись четырехлетние особи (3+). Преобладавшие в 2022 г. особи 4+–7+ лет, в терминальном году составившие около 30% от учтённых рыб. В связи с этим, средние длина и возраст наваги сократились до 29,8 см и 3,2 лет, соответственно (рис. 35).

Согласно модельным оценкам, рост биомассы общего и нерестового запасов (рис. 36A и B) западнокамчатской наваги, начавшийся в начале 2000–х гг. и продолжавшийся до 2020 г., закончился. Тем не менее, биомасса промыслового запаса, по модельным оценкам, находится на своем пике (рис. 36C). Урожайные поколения середины 2010-х гг. (рис. 37A) постепенно выходят из промысла. Генерации 2018–2021 гг. оцениваются по численности существенно ниже предыдущих, тем не менее, исходя из ретроспективных оценок пополнения (1989–2025 гг.), они также оцениваются как многочисленные. Данные возрастного состава уловов в последние два года говорят о том, что численность поколений 2022–2023 гг. сопоставима с численностью годовых классов середины 2010-х гг. В связи с этим, в ближайшие 2 года следует ожидать незначительный рост ресурсов западнокамчатской наваги. Пресс промысла на запас западнокамчатской наваги в последние годы невысокий (рис. 37B).

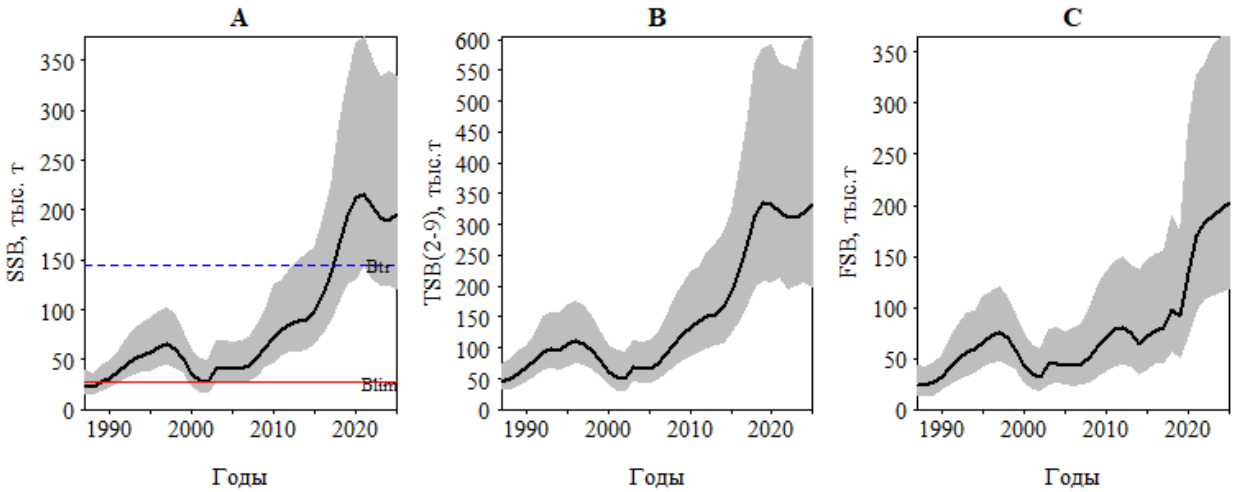


Рис. 36. Модельные оценки нерестовой биомассы с ориентирами управления (A), общей биомассы в возрасте 2–9 лет (B) и промысловой биомассы (C). Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы

Терминальное распределение численности наваги по возрастам представлено на рисунке 37C. Величина общего запаса наваги у Западной Камчатки в 2025 г. оценивается в 331,5 тыс. т, нерестового — 194,5 тыс. т. О разбросе модельных оценок запаса в 2025 г. можно судить по рисунку 37C и

статистическому распределению оценок общей и нерестовой биомассы в терминальный год, представленному на рисунке 38.

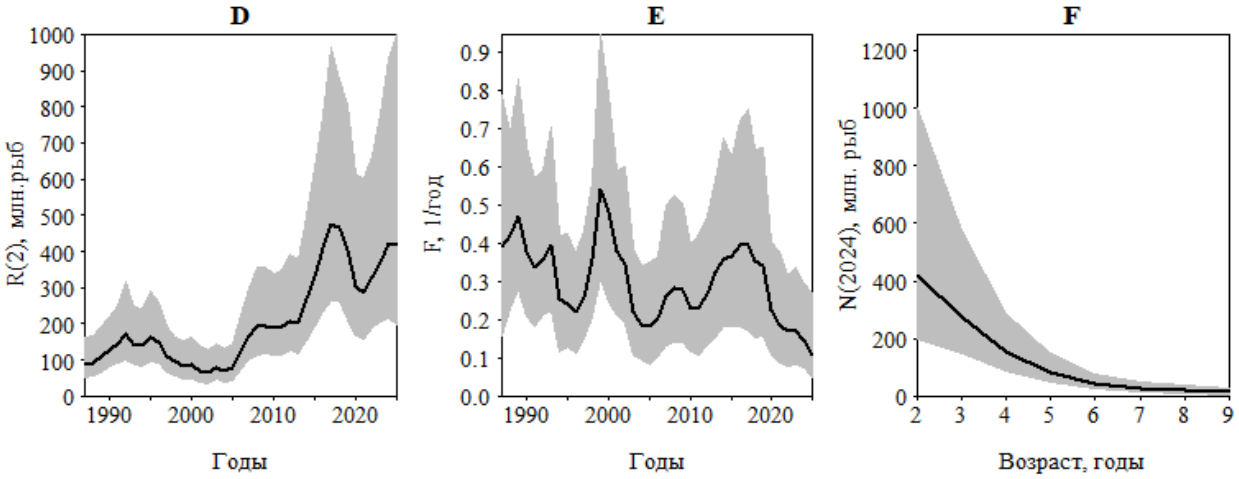


Рис. 37. Модельные оценки пополнения (A), коэффициента промысловой смертности (B) и терминальной численности запаса по возрастам (C). Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы

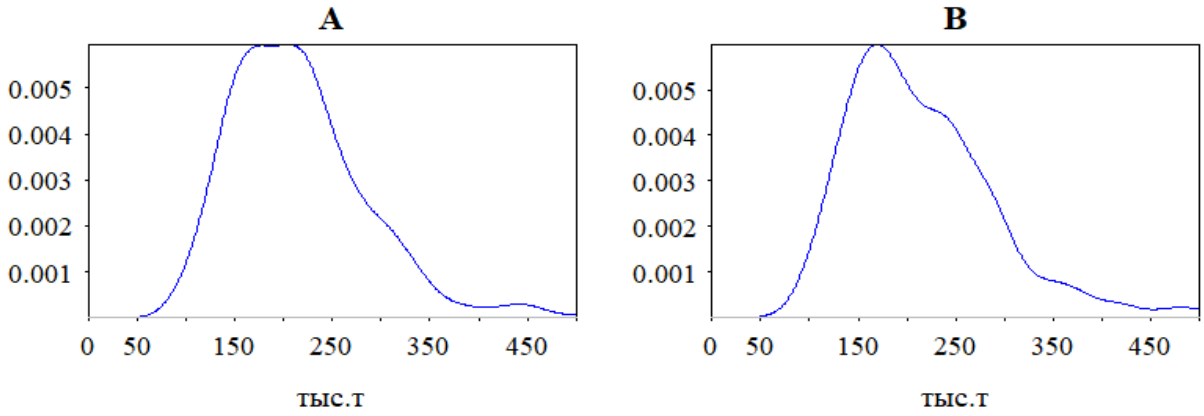


Рис. 38. Модельное распределение оценок нерестовой (A) и промысловой (B) биомассы на начало 2025 г.

Модельная динамика коэффициентов селективности представлена на рисунке 39. В последние годы увеличивается селективность в отношении младших возрастных групп наваги.

На рисунке 40 представлены логарифмические отклонения между наблюденными уловами по возрастным группам и их «наилучшим приближением», полученным с помощью сглаживающего фильтра. Наибольшая погрешность аппроксимации — в младших возрастах. Межгодовая динамика наблюдаемых и модельных значений индексов промыслового и нерестового запасов, I_t^1, I_t^2, а также индексов численности 2-х и 3-х годовиков, I_t^{N2}, I_t^{N3}, представлена на рисунке 41.

Поскольку в модели предполагается нормальное распределение отклонений логарифмов наблюдений от их одношаговых прогнозов по модели, необходимо проверить эти предположения. Проверка гипотез о

нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для промысловых уловов по возрастам (кроме самого младшего возраста) и N3 на уровне значимости p<0,05 нет оснований отвергнуть эти гипотезы.

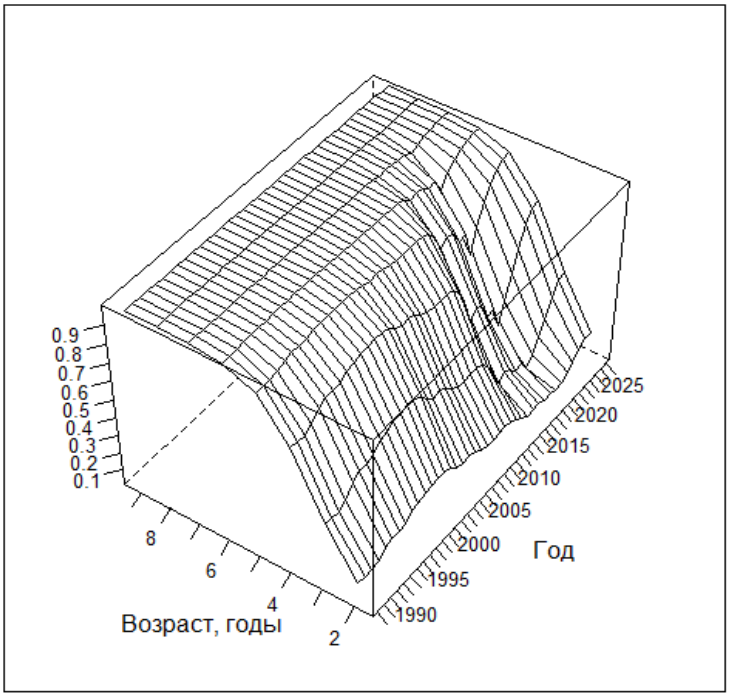


Рис. 39. Модельные оценки коэффициента селективности



Рис. 40. Логарифмические отклонения между наблюденными и модельными значениями уловов по возрастам

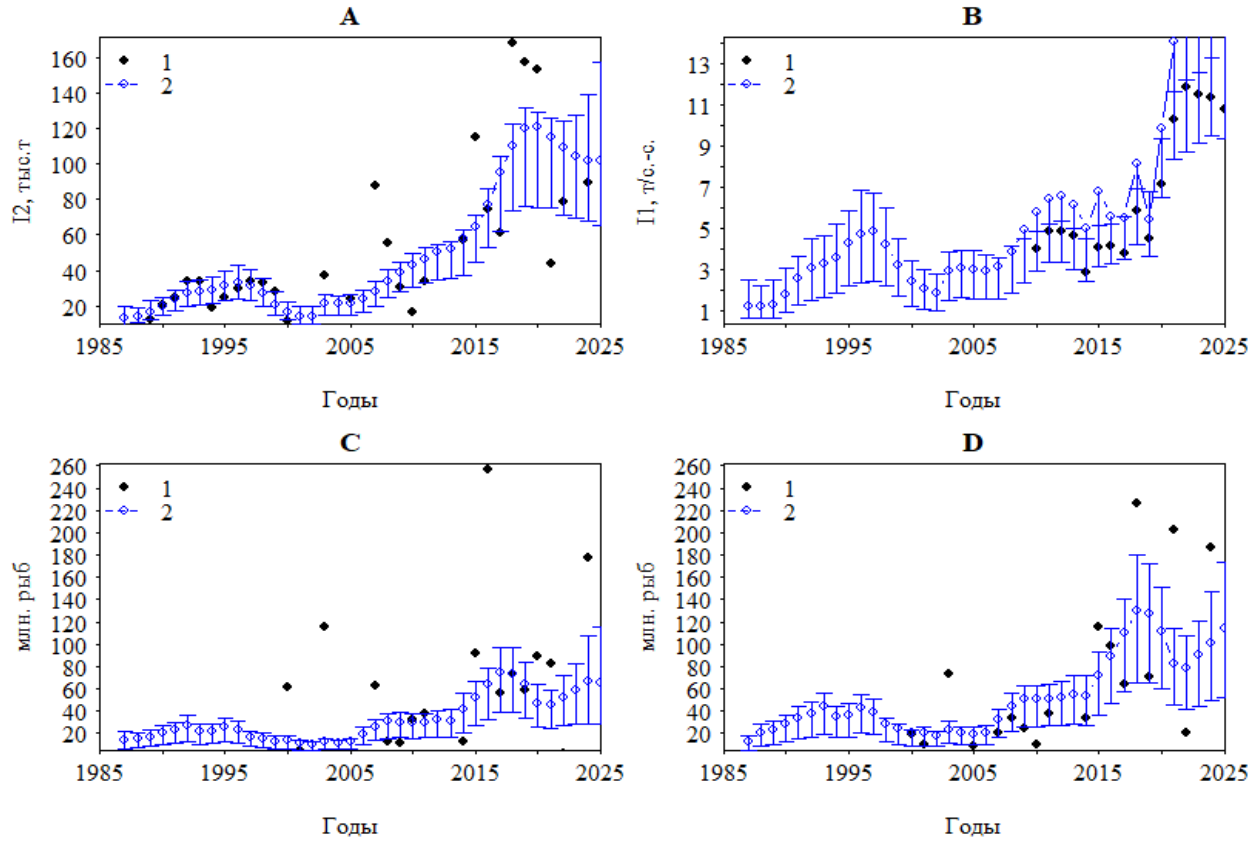


Рис. 41. Наблюденные значения (1) индексов общего (A) и промыслового (B) запасов, индексов численности 2-х (C) и 3-х (D) годовиков и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2)

Была проведена проверка модели на наличие значимой ретроспективной смещенности. Результаты ретроспективного анализа оценок для 2018–2025 гг. представлены на рисунке 42. Значение показателя Мона ρ [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок пополнения составило 3,3%, для ретроспективных оценок нерестовой биомассы – 2,5%. Пороговыми значениями показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб предложено считать: нижнее – -15%, верхнее – 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижнее – -22%, верхнее – 30% [Hurtado-Ferro et al, 2015]. Западнокамчатская навага относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому можно говорить об отсутствии значимой ретроспективной смещенности в представленных модельных оценках нерестовой биомассы и пополнения.

Промысел. У Западной Камчатки лов наваги был организован в 1937 г. За период с 1937 по 2025 гг. её вылов изменялся от 0,1 до 41,7 тыс. т, при среднем значении, равном 10,4 тыс. т. С 1945 г. промысел вёлся активно — до середины 1960–х гг. среднегодовой улов составлял 8,8 тыс. т. С 1965 по 1990 гг. запасы наваги у Западной Камчатки находились в состоянии депрессии, вследствие чего её специализированный промысел отсутствовал. До 1990 г. навагу добывали в виде прилова к треске и камбалам. Среднегодовой вылов в это время составлял 2,8 тыс. т. К 1990 г. численность западнокамчатской популяции восстановилась до прежнего уровня, и уловы

стали возрастать. За последние пять лет (2021–2025 гг.) средний улов составил 23,9 тыс. т (рис. 43).

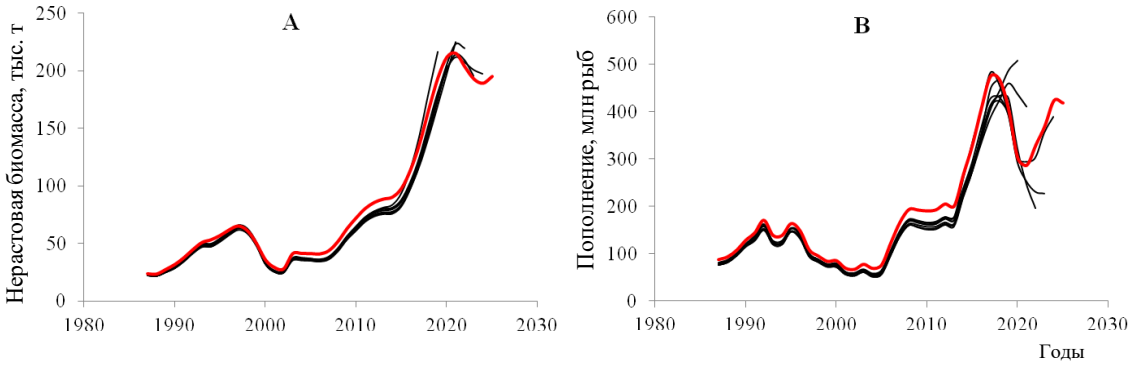


Рис. 42. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы (A) и пополнения (B)

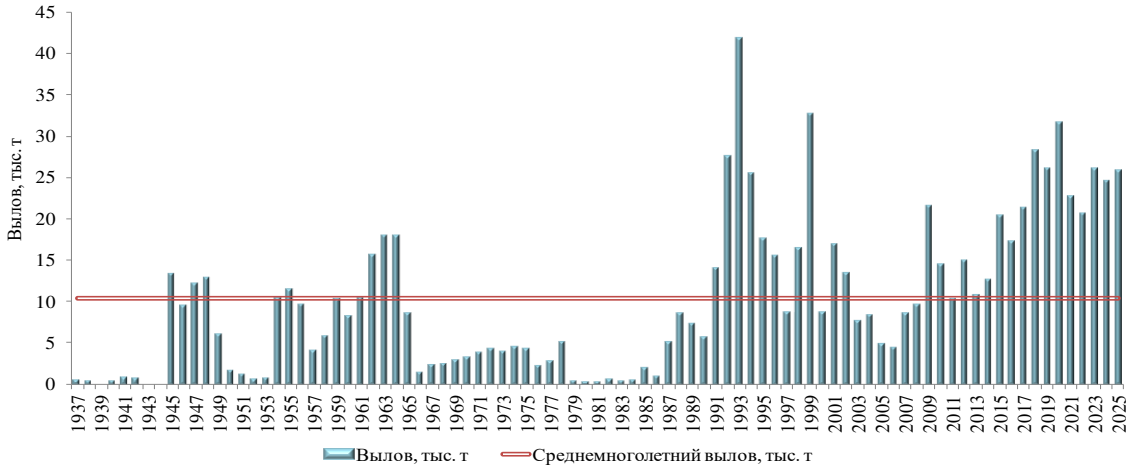


Рис. 43. Межгодовая динамика уловов дальневосточной наваги у Западной Камчатки (среднемноголетнее значение – 10,4 тыс. т)

В 2025 г. в Камчатско-Курильской подзоне было добыто 20,215 тыс. т наваги (143,9% ОДУ), а в Западно-Камчатской — 5,535 тыс. т (38,6% ОДУ) (табл. 12), всего по двум подзонам 25,750 тыс. т (90,7% ОДУ).

В обеих подзонах западнокамчатского шельфа промысел наваги в течение года ведётся с разной интенсивностью. В Западно-Камчатской подзоне он базируется, в основном, на нагульной наваге. Формирование её скоплений в этот период, в большей степени, зависит от состояния кормовой базы. В зависимости от гидрологических условий, складывающихся на западнокамчатском шельфе, промысловые её скопления образуются в апреле — 1-й декаде мая. В этом районе наблюдаются два максимума уловов, приходящихся на небольшой промысел нерестовой наваги в январе (около 12% от годового улова) и нагульной — в апреле–июне, составляющий около 70% (рис. 44). Такой небольшой промысловый сезон ограничивается сложными гидрологическими условиями, поскольку холодный период здесь продолжается более 7 месяцев.

Таблица 12

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западнокамчатской наваги

Год	Камчатско-Курильская подзона			Западно-Камчатская подзона			Суммарно		
	ОДУ тыс. т	Вылов тыс. т	Освоение %	ОДУ тыс. т	Вылов тыс. т	Освоение %	ОДУ тыс. т	Вылов тыс. т	Освоение %
2016	8,880	8,605	96,9	9,180	8,765	95,5	18,060	17,370	96,2
2017	11,900	7,370	61,9	21,800	13,985	64,2	33,700	21,355	63,4
2018	10,800	15,759	145,9	20,000	12,483	62,4	30,800	28,242	91,7
2019	14,800	18,483	124,9	15,100	7,464	49,4	29,900	25,947	86,8
2020	17,950	21,516	119,9	18,250	10,589	58,0	36,200	32,105	88,7
2021	14,550	12,342	84,8	14,850	10,831	72,9	29,400	23,173	78,8
2022	14,600	10,304	70,6	14,800	11,486	77,6	29,400	21,790	74,1
2023	17,300	15,897	91,9	17,600	10,621	60,3	34,900	26,518	76,0
2024	13,750	19,355	140,8	14,050	5,526	39,3	27,800	24,881	89,5
2025	14,050	20,215	143,9	14,350	5,535	38,6	28,400	25,750	90,7

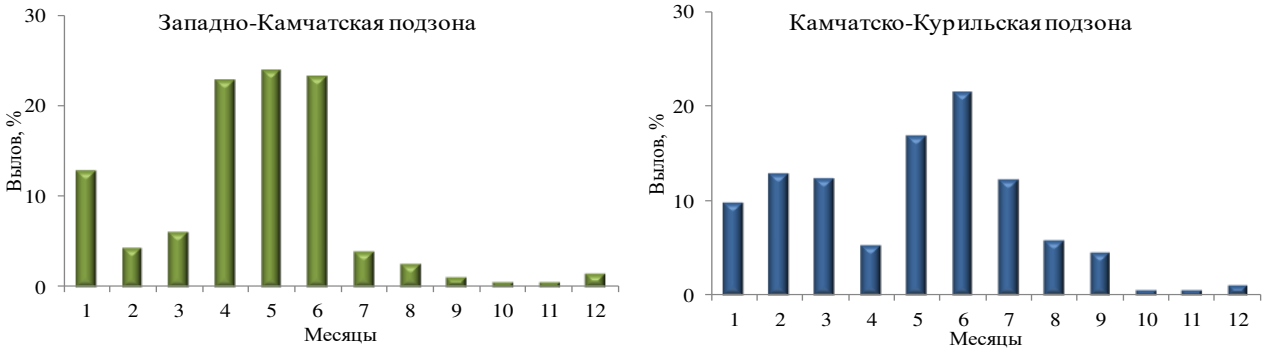


Рис. 44. Сезонная динамика вылова наваги в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в 2016–2025 гг.

В Камчатско-Курильской подзоне промысловый сезон длится практически весь год. С октября по декабрь уловы незначительны, но достигают существенных величин с января по сентябрь при максимальных значениях на промысле нагульных скоплений в мае–июле (около 50% от годового улова).

Лов наваги на западнокамчатском шельфе проводится мало- и среднетоннажным флотом, вооружённым снюрреводами, которыми в последнее время осваивают основную долю ОДУ (табл. 13).

Поскольку в 2025 г. рыбопромысловые предприятия, в большинстве случаев, подавали сведения о вылове по ООП, в которых не указывается орудие лова, исследовать в полном объеме структуру промысла наваги в обеих подзонах не представляется возможным. Тем не менее, по имеющимся данным из ССД, относительно 2024 г. в 2025 г. наблюдалось сокращение уловов на усилие в Камчатско-Курильской подзоне и увеличение — в Западно-Камчатской подзоне (табл. 14).

Таблица 13

Межгодовая динамика относительного вклада разных орудий лова в освоение ОДУ наваги на западнокамчатском шельфе, %

Год	Западно-Камчатская подзона		Камчатско-Курильская подзона	
	Снюрревод	Трал	Снюрревод	Трал
2016	99,9	0,1	99,9	0,1
2017	99,9	0,1	99,9	0,1
2018	99,9	0,1	99,9	0,1
2019	99,9	0,1	99,9	0,1
2020	99,9	0,1	99,9	0,1
2021	99,8	0,2	99,9	0,1
2022	99,7	0,3	99,6	0,4
2023	100,0	–	100,0	–
2024	99,7	0,3	99,7	0,3
2025	100,0	–	100,0	–

Таблица 14

Межгодовая динамика количества судосуток на промысле и среднего улова на судосутки наваги у Западной Камчатки

Год	Западно-Камчатская подзона		Камчатско-Курильская подзона	
	Количество судосуток/год	Средний улов на судосутки, т	Количество судосуток/год	Средний улов на судосутки, т
2016	1225	6,2	1223	4,7
2017	1589	5,3	1278	7,8
2018	1904	5,4	1404	8,4
2019	2154	3,9	1016	7,3
2020	905	5,9	660	10,8
2021	895	7,4	434	9,6
2022	717	9,4	461	11,3
2023	656	9,9	473	10,4
2024	436	7,1	502	14,4
2025	378	8,5	711	12,5

На борту судна СТР-420 «Мыс Золотой» при снюрреводном промысле в Камчатско-Курильской подзоне в 2025 г. навага являлась одним из основных объектов промысла. В январе замёты проводили на глубинах 82–202 м. Уловы вида на замёт изменялись от 2,8 до 7997,1 кг (в среднем — 1832,1 кг). Средняя масса рыб равнялась 0,525 кг. Доля наваги в уловах варьировала от 0 до 43,2%, при средней величине 21,9%. Длина наваги изменялась от 28,0 до 48,0 см, превалировали рыбы размерной группы 35,0–41,0 см (77,7%), при средней длине 37,3 см.

В феврале доля наваги в уловах увеличилась в среднем до 46,0%, средний улов на замёт также увеличился (в среднем — 5666,7 кг), однако средняя длина и масса рыб уменьшились (0,325 кг 35,8 см, соответственно). Длина наваги изменялась от 26,0 до 53,0 см, преобладали рыбы размерной группы 31,0–40,0 см (82,4%).

В марте уловы наваги несколько снизились. Замёты проводили над глубинами до 158 м. Доля наваги в уловах уменьшилась и в среднем составляла до 16,0%. Средняя масса и длина также снизились до 0,304 кг и

35,4 см, соответственно. Преобладали рыбы размерной группы 34,0–39,0 см, составляя 73,9% улова.

В целом, в январе–марте в Камчатско-Курильской подзоне длина наваги изменялась от 25 до 53 см, преобладали рыбы размерной группы 32–40 см (83%), при средней длине 35,6 см. В уловах встречалась навага от 1 до 10 годов. Доминировали особи в возрасте 3–6 (86,2%), при этом доля двухгодовалых рыб (3,8%) по сравнению с 2024 г. (21%) снизилась почти в 6 раз. Средний возраст наваги был равен 4,7 года (рис. 45).

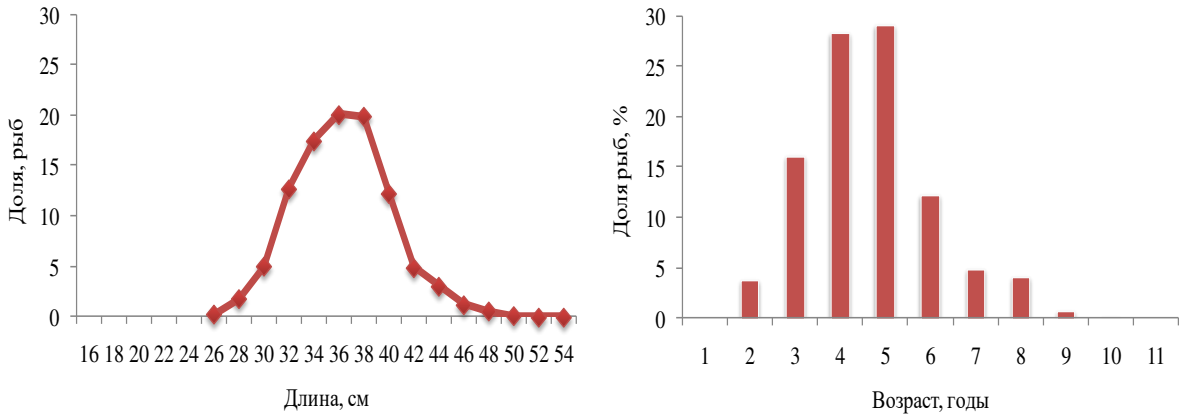


Рис. 45. Размерно-возрастной состав наваги из уловов снюрреводом СТР-420 «Мыс Золотой» в Камчатско-Курильской подзоне в январе-марте 2025 г. (N – 1958 экз., M – 35,8±0,08 см, T – 4,7±0,03 года)

В ходе проведения научно-исследовательских работ в мае 2025 г. на РПЗ, принадлежащем АО «Рыбхолкам» (п. Озерновский), навага не являлась целевым объектом промысла и встречалась преимущественно в качестве прилова при промысле камбал или минтая. Тем не менее, доля наваги в уловах составила немногим более 42%, что превысило традиционно высокую составляющую минтая (35,8%). Как и в 2023-2024 гг., когда вид в снюрреводных уловах в значимых количествах появился только в мае, в аналогичный период 2025 г. отмечены достаточно высокие уловы наваги. Длина рыб в уловах в среднем составляла 31,6 см, при минимуме 23,0 см и максимуме 53,0 см (рис. 46). Средний вес особей был 0,296 кг.

В уловах встречалась навага от 1 до 8 лет. Преобладали особи в возрасте 2+–4+ (87,4%), при этом доля трехлетних рыб составила почти 50% от улова, а однолетних – около 22%. Доля старших возрастных групп (5+–10+) не превысила 13%. Средний возраст наваги был равен 3,2 лет (рис. 46).

Таким образом, в зимний период в Камчатско-Курильской подзоне в снюрреводных уловах отмечались в значительном количестве взрослые рыбы (4+–5+), составив 58% от уловов, а в летний преобладала доля молодых особей (2+–3+) — 70%.

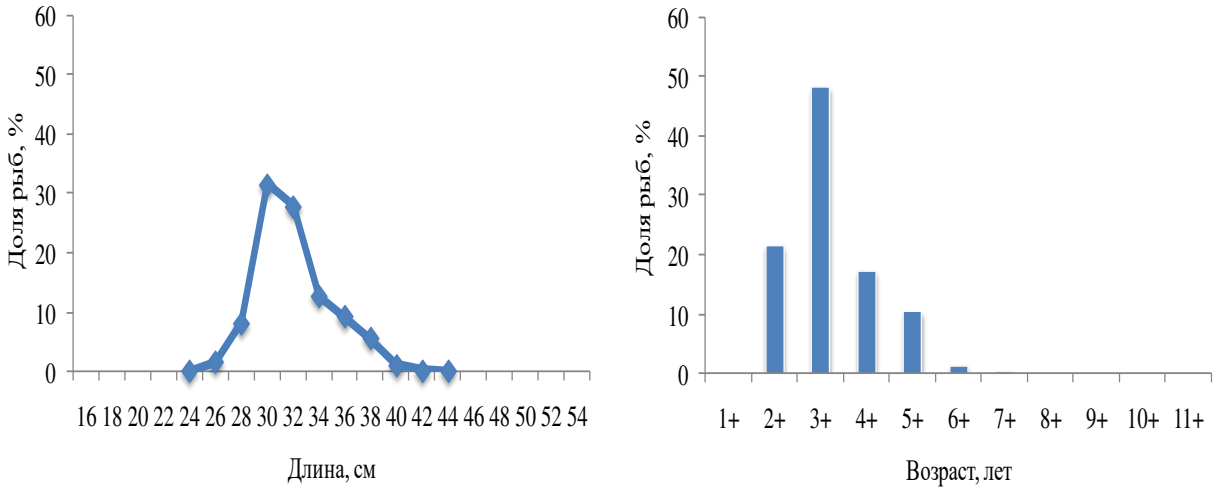


Рис. 46. Размерно-возрастной состав наваги из уловов снюрреводом в Камчатско-Курильской подзоне в мае 2025 г. (N – 523 экз., M – 31,6±0,13 см, T – 3,2±0,04 лет)

До 2017 г. доля молоди наваги в снюрреводных уловах была низкой, а основу составляли крупные рыбы (рис. 47). Результаты исследований 2017 и 2018 гг. показали значительное омоложение популяции западнокамчатской наваги. В 2019 г., как и в 2016 г., облавливались преимущественно рыбы старших возрастных групп. В уловах существенную долю, как и в 2017–2018 гг., составляло поколение рыб 2015 г. рождения. Численностью выше среднего обладало и поколение 2014 г. рождения, составившее большую часть улова в 2019 г. В 2023 г., как и в 2022 г., в уловах доминировали рыбы 2017 г. рождения (6+) (23,7%) и трёхлетние особи (поколение 2020 г.), доля которых в уловах по сравнению с 2022 г. увеличилась до 26,3%. В 2024 г. в снюрреводных уловах преобладали молодые рыбы в возрасте 1+ – 3+ лет 2021–2023 гг. рождения (около 66% улова). Высокочисленное поколение 2017 г. рождения (7+) практически вышло из промысла и составило лишь 2,7%. В 2025 г. в снюрреводных уловах значительную долю, составляло поколение рыб 2022 г. рождения в возрасте 3+ лет (около 50% от уловов) которое проявило себя и в 2024 г. (30,3% от уловов).

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления промысла западнокамчатской наваги впервые были определены в 2011 г. В 2024 г. они были пересмотрены (табл. 15). Связано это было не только со сменой методики оценки запаса, но и с тем обстоятельством, что современное состояние запасов западнокамчатской наваги кардинально отличается от состояния запасов этого важного промыслового объекта в 2011 г. (рис. 36).

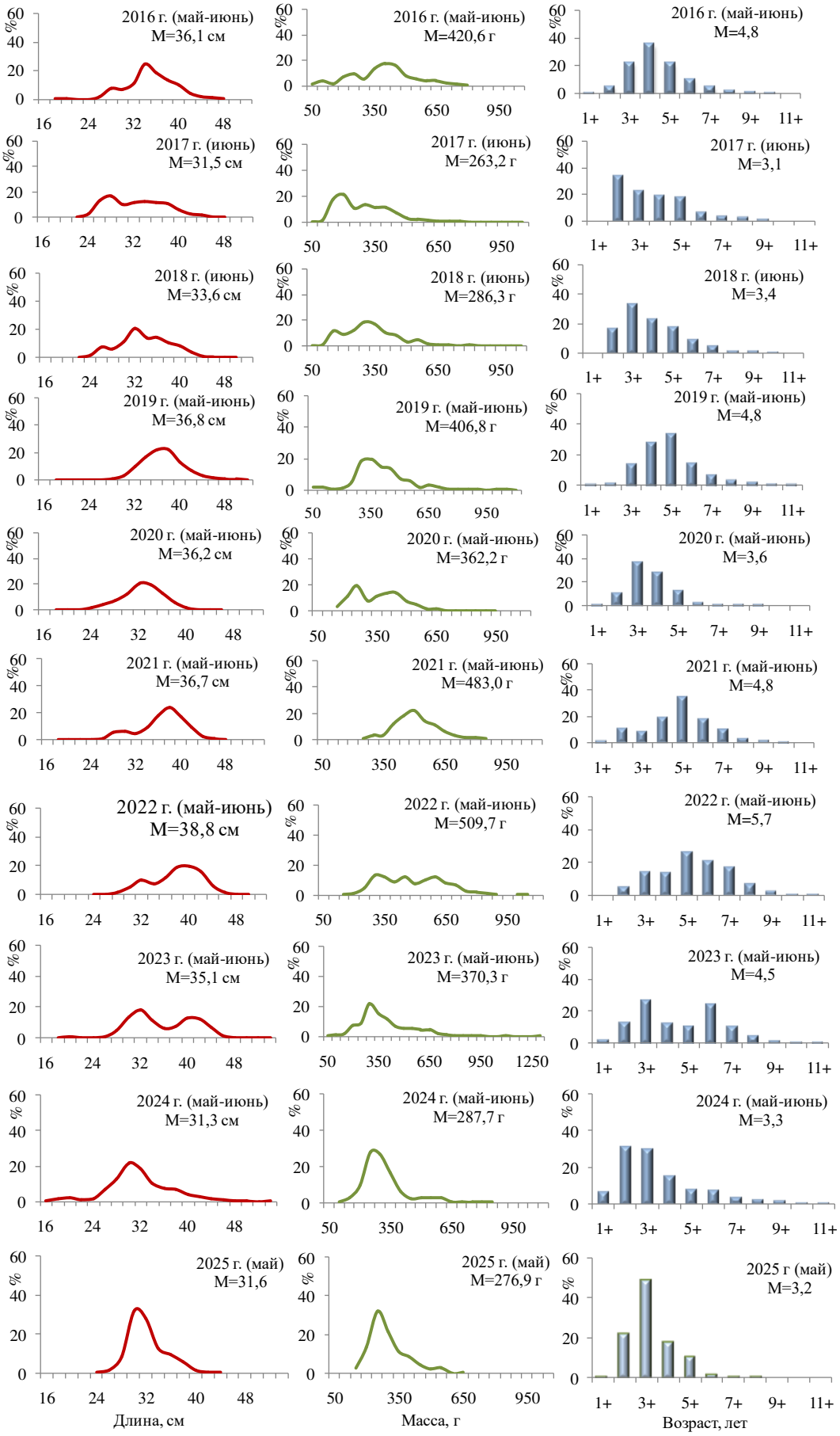


Рис. 47. Межгодовая динамика размерного, весового и возрастного состава западнокамчатской наваги в снюрреводных уловах

Таблица 15

Статистические характеристики биологических ориентиров наваги у Западной Камчатки

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
Fmsy	0,253	0,295	0,335	0,382	0,462	0,343	0,065
Bloss	14,9	17,7	20,2	22,6	27,1	20,4	3,7
Bmsy	87,5	116,1	144,8	188,1	314,2	183,3	361,4

Ориентиры управления для зонального правила регулирования промысла были определены по кривым равновесного улова и равновесной нерестовой биомассы (рис. 48), основанным на зависимости Бивертона-Холта «запас-пополнение».

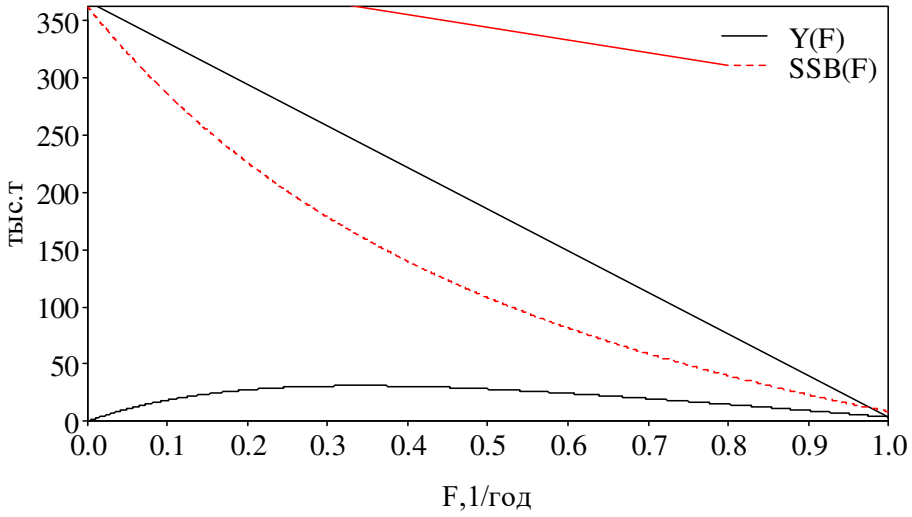


Рис. 48. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова для западнокамчатской наваги

Граничный ориентир по промысловой смертности определили по медиане F_{MSY}: F_{lim} =0,335 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю. Целевое значение промысловой смертности приняли равным 5% процентили F_{MSY}: F_{tr} =0,253 1/год.

В качестве целевого ориентира B_{tr} по биомассе выбрали значение нерестовой биомассы, соответствующее медиане F_{MSY} на кривой равновесной биомассы B_{tr}=144,8 тыс. т.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным наименьшей нерестовой биомассе B_{loss} с учетом неопределенности (95% процентиль): B_{lim}=27, 1 тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП западнокамчатской наваги, цель которого

поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью. Схема ПРП представлена на рисунке 49.

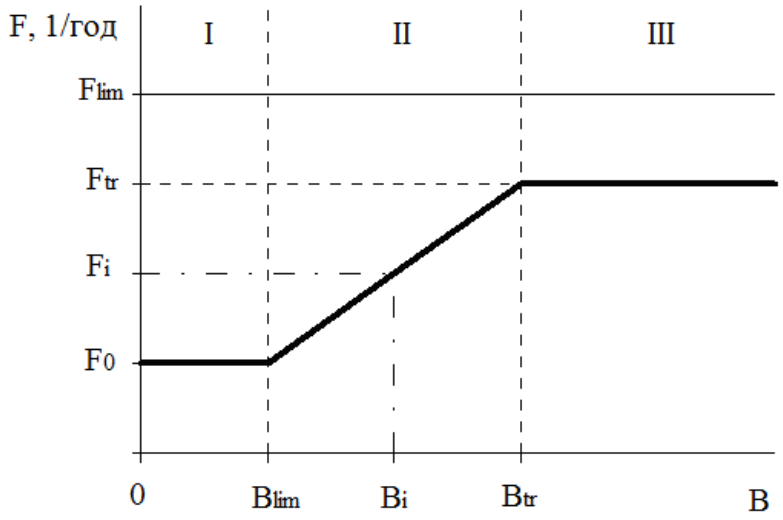


Рис. 49. Схема правила регулирования промысла западнокамчатской наваги

Аналитическая форма ПРП имеет вид:
$F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,
$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim})/(B_{tr} - B_{lim})$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,
$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло выполнен вероятностный прогноз состояния запаса наваги и величины ОДУ на 2027 г.

Для прогнозирования состояния запаса использовали те же соотношения (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2026 г. соответствует ОДУ, равному 29,5 тыс. т.

Коэффициенты селективности на перспективу приняты равными средним за 15 предпрогнозных лет. Выбором интервала в 15 лет постарались охватить весь период, на котором наблюдались рост нерестового запаса и значимые изменения в селективности (рис. 36, 39).

В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за 15 предпрогнозных лет численность двухгодовиков. По нашим прогнозам, в 2026–2027 гг. она составит около 338,7 млн экз.

На каждой реализации метода Монте-Карло в оцениваемые параметры модели вносили ошибку, имеющую логнормальное распределение. Параметры этого распределения оцениваются в модели.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса в 2026–2027 гг. Статистические характеристики распределения нерестовой биомассы представлены в таблице 16. При

сделанных предположениях относительно пополнения и смертности, в ближайшие 2 года следует ожидать незначительный рост нерестового запаса западнокамчатской наваги, по сравнению с уровнем 2025 г. На начало 2026 г. медианная оценка нерестового запаса составит 223,3 тыс. т, а на начало 2027 г. — 214,6 тыс. т.

Таблица 16

Статистические характеристики распределений оценок нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) западнокамчатской наваги в 2026–2027 гг.

Показатель	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
C(2027), тыс. т	11,8	25,4	**33,8**	43,6	67,7	35,8	16,8
SSB(2026), тыс. т	118,3	170,6	**223,3**	274,2	382,0	231,5	85,2
SSB(2027), тыс. т	109,0	167,3	**214,6**	274,1	408,7	230,5	93,1

Обоснование рекомендуемого объёма ОДУ

Значение биомассы нерестового запаса в 2027 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рисунке 49). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит 0,253 год$^{-1}$.

Величину вылова на i-й прогнозный год рассчитывали по формуле:

$$ОДУ_i = F_{rec_i} \sum_{j=t_c}^{T} s_j w_j N_{i,j} \frac{1-\exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}$$ [Бабаян, 2000],

где: s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j – масса особей, M_j – МКЕС, $N_{i,j}$ – численность j-ой возрастной группы, F_{reci} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Согласно статистическим расчетам (табл. 16), общий допустимый улов западнокамчатской наваги в 2027 г. может составить 33,8 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является статистическое моделирование динамики запаса западнокамчатской наваги на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 50, в ближайшие 2 года следует ожидать незначительный рост нерестового запаса западнокамчатской наваги, по сравнению с уровнем 2025 г., после чего прогнозируется его снижение. При соблюдении ПРП, запас наваги Западной Камчатки с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и, по нашим оценкам, останется на высоком уровне. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований для отказа от действующей стратегии управления.

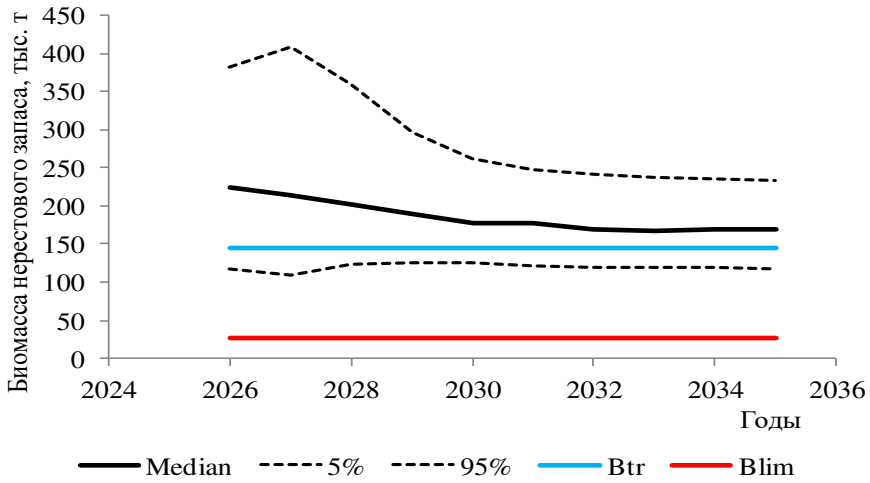


Рис. 50. Процентили распределения биомассы нерестового запаса наваги Западной Камчатки при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону как функция величины годового вылова в прогнозные годы: P (SSB_{2028}<B_{lim}/$ОДУ_{2026}$, $ОДУ_{2027}$) и P (F_{2027}>F_{lim}/$ОДУ_{2026}$, $ОДУ_{2027}$). Если эти вероятности меньше α=0,1–0,2 [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный риск-анализ (рис. 51) показал, что риск перелова по пополнению при величине возможного вылова западнокамчатской наваги в 33,8 тыс. т равен нулю, а риск перелова по росту превышает рекомендованный уровень 0,2. Из рисунка 51 видно, что риск перелова по росту равен 0,2 при величине возможного вылова, равной 30,3 тыс. т. Это значение может быть рекомендовано в качестве ОДУ западнокамчатской наваги на 2027 г.

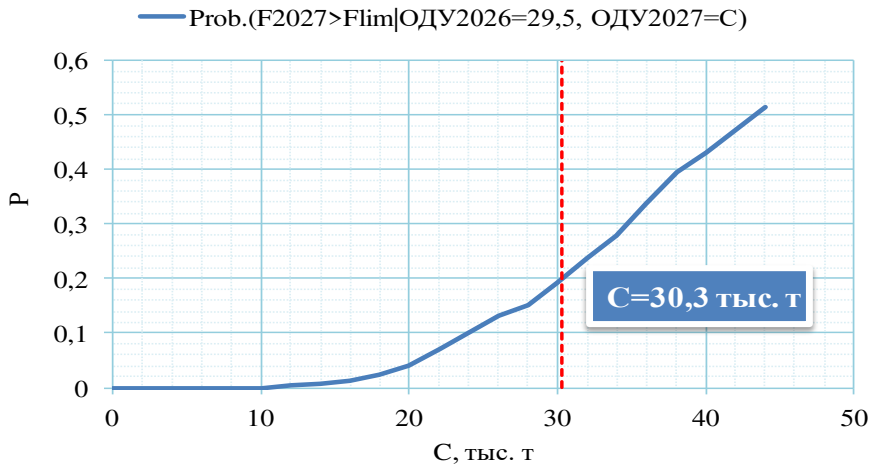


Рис. 51. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса западнокамчатской наваги

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2017 по 2025 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 52.

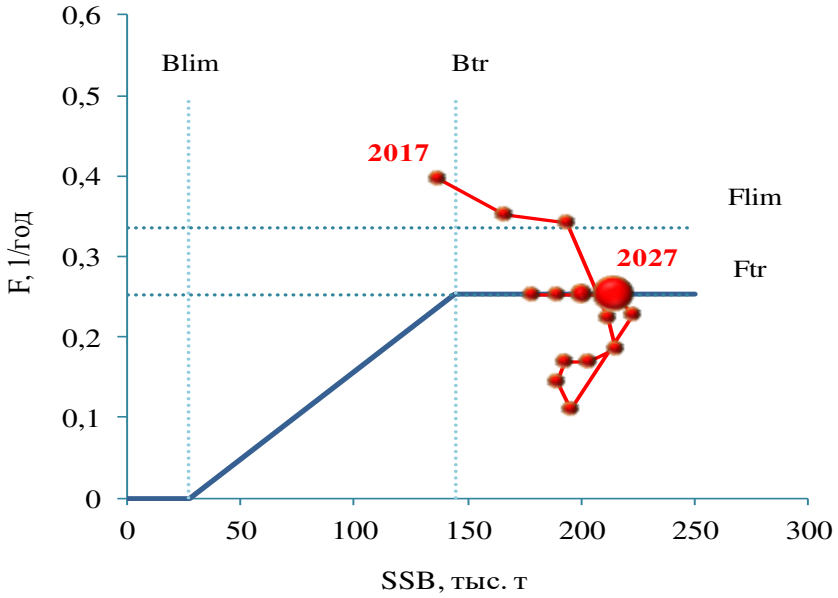


Рис. 52. Реализация правила регулирования промысла западнокамчатской наваги

Как указывалось выше, в последние годы происходит перераспределение биомассы наваги между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами. В связи с этим ежегодное формирование на шельфе районов промысловых скоплений наваги наибольшей плотности довольно неустойчиво. Поэтому предлагаем в 2027 г. распределить вылов наваги между подзонами в равной пропорции. При этом к ОДУ в Западно-Камчатской подзоне необходимо добавить 0,3 тыс. т для организации промысла в Ямской губе (внутренние морские воды и территориальное море в границах Магаданской области).

Таким образом, **ОДУ наваги в 2027 г.** составит: **в Западно-Камчатской подзоне — 15,450 тыс. т, в Камчатско-Курильской подзоне — 15,150 тыс. т.**

Поскольку на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция наваги [Шунтов, 1985; Борец, 1997; Новикова, 2007], считаем, что в 2026 г. **допустимо перераспределение объёма общего допустимого улова наваги между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарной величины общего допустимого улова наваги**.

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона

Исполнитель: А. В. Метленков («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Залив Терпения и юго-восточное побережье о-ва Сахалин

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой для оценки запаса и прогнозирования ОДУ наваги на 2027 г. послужили результаты исследований 2003–2025 гг. Промысловая статистика за эти годы взята из ОСМ Росрыболовства, а также предоставлена СКТУ ФАР. Сбор биостатистической информации осуществляли в период промысла наваги близнецовыми тралами в зал. Терпения (январь–февраль) маломерными судами типа МРС-150, МРС-225, принадлежащими РК «Дружба» (г. Поронайск). Информационную базу в 2025 г. составили пробы из промысловых уловов наваги, собранные в период с 18 по 31 января 2025 г. На полный биологический анализ было взято 600 экз., 3000 экз. было промерено. Также использованы данные о вылове рыбаками-любителями в период подледного лова в 2013–2024 гг. Учет численности рыбаков, состава и величины удебных уловов был произведен в январе–марте сотрудниками «СахНИРО» в местах традиционного лова. Для характеристики запаса применены данные донной траловой съемки, проведенной в октябре-ноябре 2024 г. в зал. Терпения на НИС «Владимир Сафонов» (рис. 53).

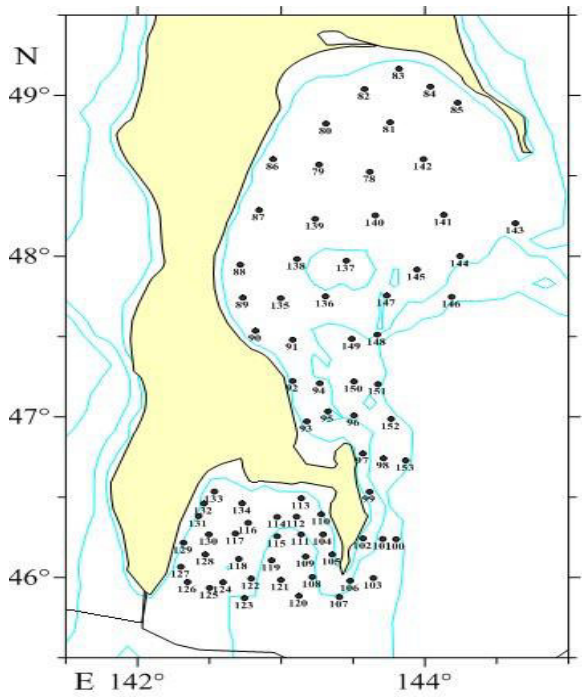


Рис. 53. Схема траловых станций РС «Владимир Сафонов» в период донной траловой съемки в Восточно-Сахалинской подзоне в октябре-ноябре 2024 г.

Информационное обеспечение прогноза позволяет отнести его к I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Имеющийся материал позволяет определить численность, биомассу, коэффициенты мгновенной промысловой смертности методом виртуальных популяций. Расчет численности и биомассы запаса выполнен методом когортного анализа Поупа [Pope, 1972], реализованного в программе «Excel».

Для прогнозирования на два года вперед использовано программное обеспечение «TAC», которая позволяет, опираясь на результаты когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, получить точечные и интервальные оценки величины ОДУ на два года вперед (при условии, что в первый прогнозный год значение ОДУ известно) в соответствии с предосторожным походом к управлению промыслом.

Средняя масса по возрастам определена как среднемноголетнее значение. Естественная мгновенная смертность по возрастным группам рассчитана по методу Чена-Ватанабе [Chen and Watanabe, 1989]. Расчет произведен по 2018 г., как году с наиболее репрезентативными данными. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17

Естественная мгновенная смертность (*Mt*) наваги зал. Терпения по возрастам по данным 2018 г.

Показатель	Возрастная группа						
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Mt	0,43	0,35	0,30	0,22	0,26	0,25	0,25

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Залив Терпения и юго-восточное побережье о-ва Сахалин являются основными районами промысла наваги в Сахалинской области. Начиная с 1971 г. в зал. Терпения ведется промысел наваги при помощи маломерных судов типа МРС-150 и МРС-80 с близнецовыми тралами 32 и 35 м, с размером ячеи 20 мм, что позволяет облавливать навагу промысловой длины, свыше 19 см. В последние несколько лет, промысел начинается во второй декаде января. В 2025 г. на воду выходило до 14 маломерных судов типа МРС рыбодобывающего предприятия р/к «Дружба», ООО «Поронайский зверосовхоз», ООО «Рыбак». Суточные уловы колебались от 51,54 до 353,72, среднесуточный улов составлял 152,407 т.

Массовые нерестовые подходы рыбы, как правило, наблюдаются в прибрежной зоне на глубинах 5–25 м с последней декады декабря по третью декаду января. Наиболее плотные нерестовые скопления формируются от пос. Владимирово до пос. Вахрушев с конца первой до средины третьей декады января. При промысле наваги практически не наблюдается прилова других видов рыб и беспозвоночных.

После окончания нереста нагульные скопления наваги концентрируются в основном на участке побережья от мыса Муловского до мыса Сенявина. На нагульных скоплениях наваги продолжается ее промысел пассивными орудиями лова – вентерями. Добыча наваги здесь осуществляется с середины февраля до конца марта и базируется на нагульных половозрелых особях с большой примесью собственной молоди, зимовальные скоплениях которой ежегодно формируются в этом районе Охотского моря.

Также нагульная навага активно вылавливается рыбаками-любителями из-подо льда. С 2013 г. специалистами «СахНИРО» проводится учет рыбаков-любителей в период подледной рыбалки. Выезжая в основные места любительской рыбалки в зимний период, оценивают количество рыбаков-любителей, объем их вылова, собирают биостатистический материал, позволяющий определить размерно-возрастной состав уловов рыбаков-любителей. Расчет общего вылова ведется исходя из величин суточных уловов и количества рыбаков в дни наблюдения (средний улов в день × количество рыбаков = вылов за день). Суммируя вылов по дням наблюдений, получили объем вылова любителями за сезон.

В 2013 г. вылов составил 324,8 т, в 2014 г. – 334,6 т, в 2015 г. – 124 т. Резкое снижение оцененной величины вылова любителями в 2015 г. связано в первую очередь с организационными причинами проведения исследований и, по нашему мнению, является заниженной как минимум в два раза. В 2018 г. вылов составил не менее 330,8 т наваги. В 2019 г. вылов наваги был в размере 594 т. В 2020 г. рыбаками любителями выловлено 226,3 т наваги. В 2021 г. вылов любительский вылов оценен в 435,7 т. В 2022 г. из-за погодных условий любительская рыбалка была менее эффективна, чем в предыдущие года, вылов составил 134,9 т, в 2023 г. улов рыболовов-любителей составил 116,6 т. В 2024 г. рыболовы-любители выловили 52,8 т наваги. В 2025 г. из-за неустойчивого ледового припая в местах традиционного любительского лова, учет величины изъятия наваги рыболовами-любителями не был проведен.

В связи с тем, что традиционно вылов рыбаками-любителями производится в местах, где сосредоточена нагульная часть популяции наваги зал. Терпения, в уловах преобладают младшевозрастные рыбы, которые в меньшем количестве облавливаются при промысле на нерестовых скоплениях. По данным 2024 г., в уловах были отмечены рыбы от 19,6 до 31,4 см (в среднем 23,9 см).

В Восточно-Сахалинской подзоне объем вылова наваги в последние годы изменялся от 3,75 (2019 г.) до 5,56 (2022 г.) тыс. т и составлял в среднем 4,76 тыс. т. В целом, вылов соответствовал прогнозным значениям, за исключением отдельных лет (табл. 18). Неполное освоение выделенных лимитов в последние годы практически не наблюдается. Квоты могут не осваиваться в связи с неблагоприятной ледовой обстановкой.

Таблица 18

Освоение ОДУ/РВ наваги Восточно-Сахалинской подзоны в 2016–2025 гг., тыс. т

Год	ОДУ/РВ	Судовой промысел	Вентерный промысел	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2016	5,47	4,960	0,3	5,260	96,2
2017	5,21	4,573	0,091	4,664	89,5
2018	4,25	4,047	0,162	4,209	99,0
2019	3,90	3,503	0,251	3,754	96,3
2020	4,28	3,816	0,293	4,109	96,0
2021	5,75	4,106	0,5	4,606	80,1
2022	5,97	5,139	0,42	5,559	93,1
2023	5,19	4,290	0,53	4,820	92,9
2024	5,82	5,098	0,46	5,558	95,5
2025	6,90	4,409	0,639	5,048	73,2
Среднее	5,27	4,394	0,365	4,759	90,5

В период с 2016 по 2025 г. в уловах встречались рыбы длиной от 14 до 46 см в возрасте от 2 до 9 лет. Среднее значение длины рыб в промысловых уловах изменялось от 26,6 (2019 г.) до 31,1 (2017 г.) (рис. 54). Доминировали, как правило, рыбы длиной 24–30 см в возрасте 2–4 лет (рис. 55).

Длина рыб в уловах 2025 г. варьировалась от 18,0 см до 42,0 см. Средняя длина рыб в период наблюдений составила 29,9 см. Преобладали особи наваги длиной 28–32 см (59,0%). В уловах отмечены рыбы 2–8-летнего возраста. Основу составили особи 3 (34,3%) и 4 (37,0%) лет.

По результатам донной траловой съемки биомасса наваги была оценена в 45,7 тыс. т (364,7 млн экз.) (рис. 56). Оценки молоди составили 5,3 тыс. т (234,8 млн экз.).

По расчетным данным модели ВПА, в период с 1999 по 2025 г. биомасса промысловой части популяции варьировалась от 14,06 (2008 г.) до 42,2 тыс. т (1999 г.) при среднемноголетнем значении в 24,6 тыс. т. В 2025 г. общая численность наваги оценивается в 235,39 млн экз., промысловая биомасса в 29,7 тыс. т (рис. 57).

На низком уровне запас находился в 2004–2009 гг., после этого за два года запас наваги существенно увеличился, а в 2010 г. хоть и превысил среднемноголетнее значение за счет вступления в промысел урожайного поколения 2008 г. рождения, уже к 2016 г. опять уменьшился. В последние годы наблюдается рост промыслового запаса, обусловленный вступлением в промысел урожайных поколений. Это подтверждается данными научной траловой съемки, проведенной на НИС «Владимир Сафонов» в зал. Терпения в октябре-ноябре 2024 г.

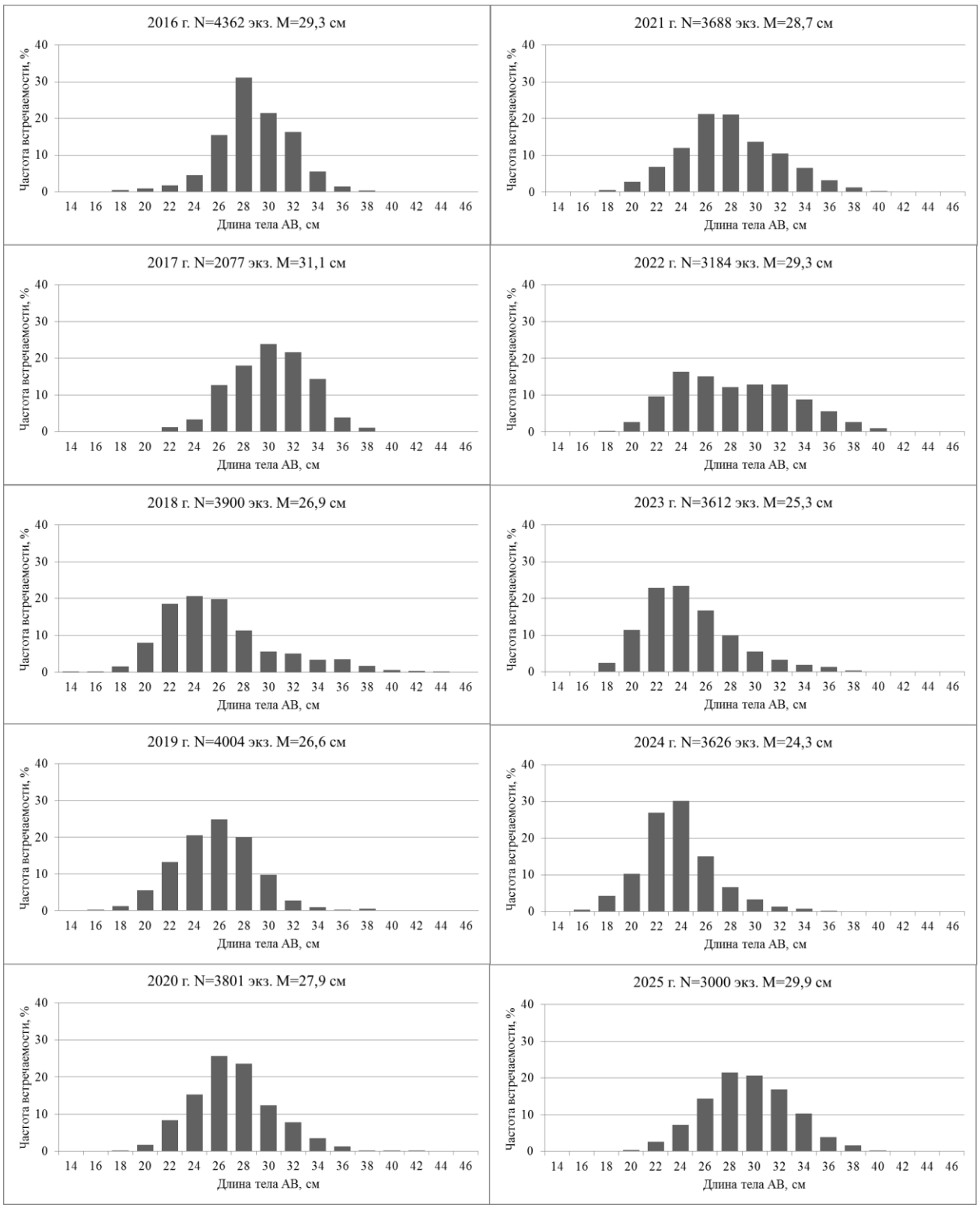


Рис. 54. Размерный состав наваги зал. Терпения из промысловых уловов 2016–2025 гг.

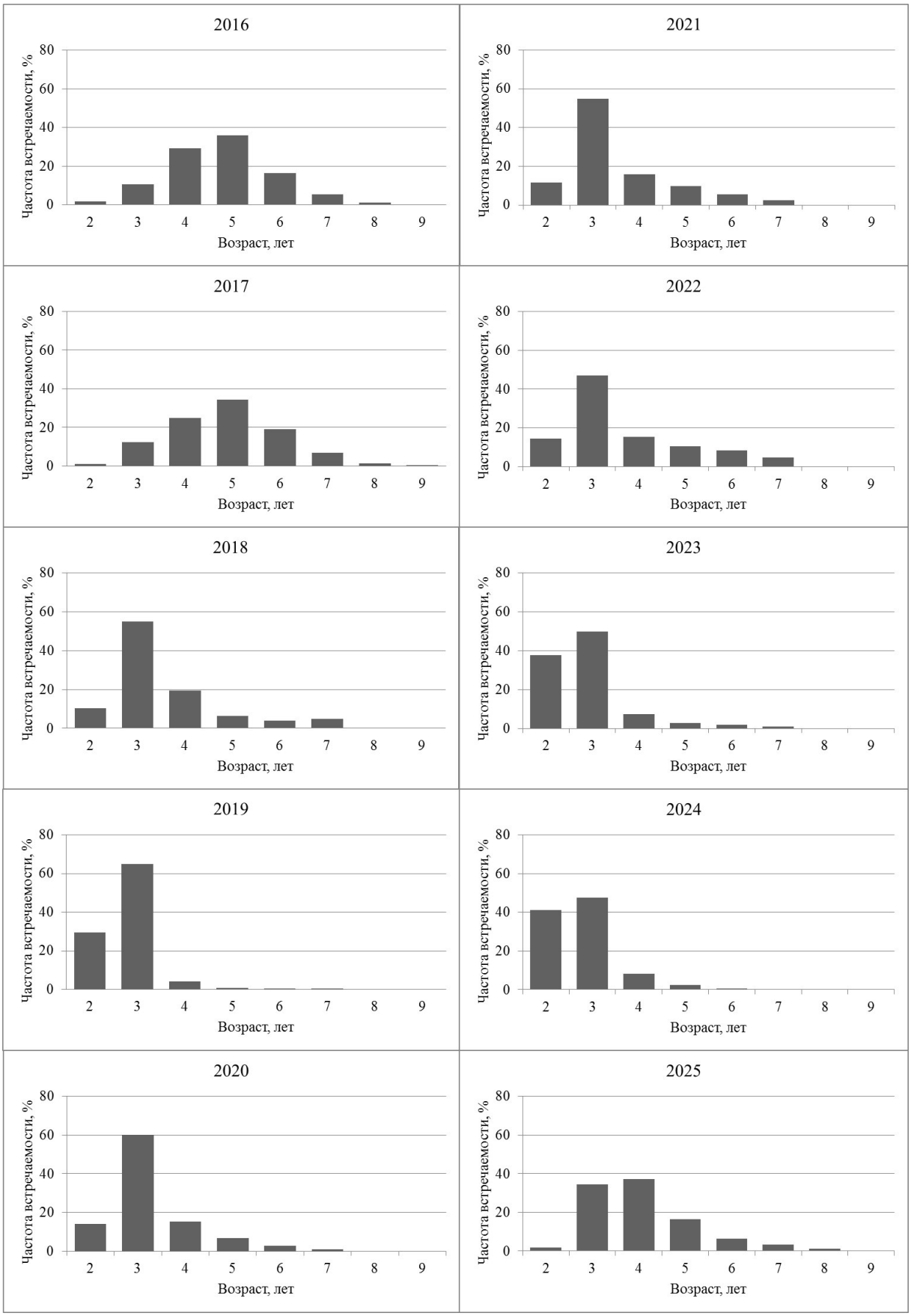


Рис. 55. Возрастной состав наваги зал. Терпения из промысловых уловов 2016–2025 гг.

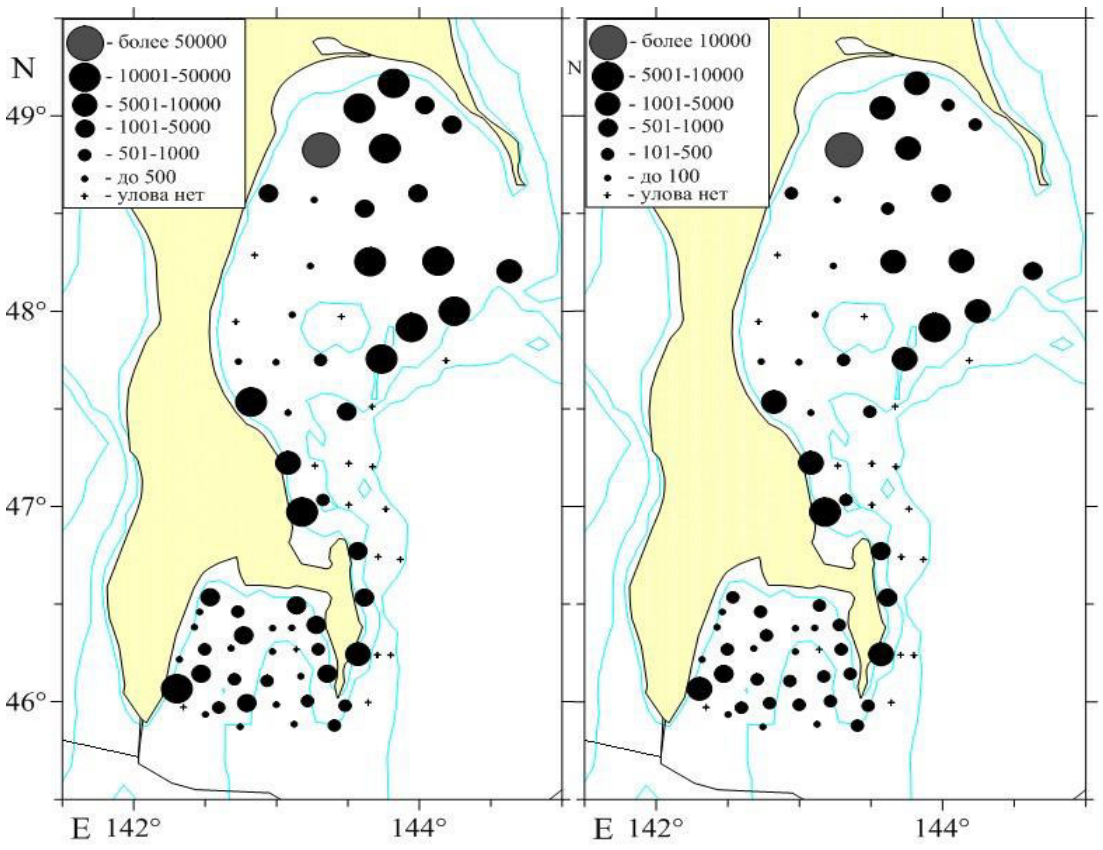


Рис. 56. Распределение численности (экз./км^2) (левый рисунок) и биомассы (кг/км^2) (правый рисунок) наваги в Восточно-Сахалинской подзоне в осенний период 2024 г.

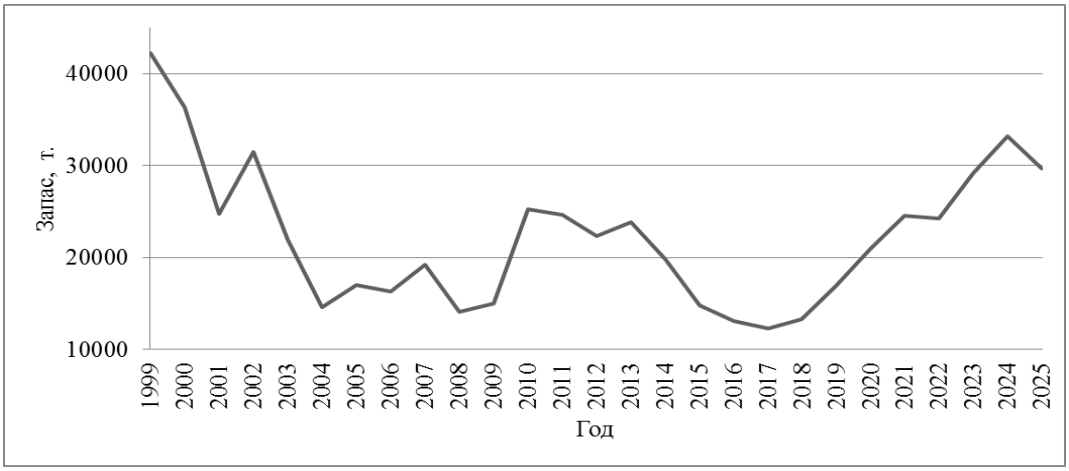


Рис. 57. Динамика величины промыслового запаса наваги зал. Терпения 1999–2025 гг. по данным ВПА

Определение биологических ориентиров

Эмпирическая оценка биологических ориентиров заключается в учете вариации величины регулируемого запаса. В качестве граничного ориентира принимается минимальная наблюденная биомасса. Целевые ориентиры оцениваются относительно средней многолетней биомассы $\overline{B}$:

$$B_{tr_1} = \overline{B}(1-h)$$

$$B_{tr_2} = \overline{B}(1+h),$$

где h – безразмерный коэффициент. В работе Бабаяна не дается конкретных рекомендаций по выбору этой величины, при этом предлагается учитывать вариабельность запаса. Полагаем, что наиболее разумным будет использовать 95% доверительный интервал для среднемноголетнего значения биомассы запаса, h при этом составил 0,133.

Исходя из вышесказанного, биологические ориентиры по биомассе были оценены следующими величинами: B_{lim}=17,2 тыс. т, B_{tr1}=23,2 тыс. т, B_{tr2}=30,4 тыс. т (рис. 58).

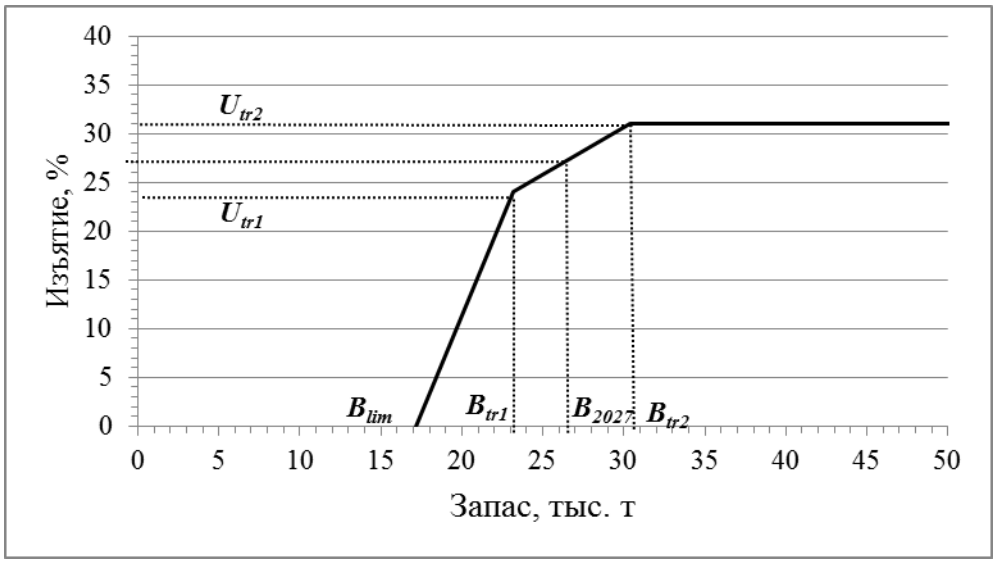


Рис. 58. Правило регулирования промысла наваги зал. Терпения

Целевые ориентиры по промысловой смертности определяли исходя из величины мгновенного коэффициента естественной смертности. Использовали среднее геометрическое значение для возрастных групп, представленных в запас, составившее 0,36.

Согласно [Бабаян, 2000] ориентиры по промысловой смертности определяются как

$$F_{tr_1} = 0{,}3 \div 0{,}75 \times M,$$

$$F_{tr_2} = 0{,}8 \div 1 \times M.$$

При этом выбор множителя перед коэффициентом естественной смертности также может осуществляться достаточно свободно. Поскольку определение биологических характеристик и оценка запаса основаны на обширном и надежном материале, приняли решение использовать максимальные значения множителей. Соответствующие коэффициенты изъятия u вычисляли как $1 - \exp(-F)$. Уровень максимально допустимого изъятия для НИР и контрольного лова после объявления запрета на промысел определяли исходя из граничного ориентира по биомассе и потребностей НИР, принятых равными 1 т. Таким образом, получили следующие ориентиры по смертности: F_0 = 0,00006, F_{tr1} = *0,27*, F_{tr2} = 0,36; соответствующие им коэффициенты изъятия: u_0=0,00006, u_{tr1}=0,24, u_{tr2}=0,31.

Обоснование правила регулирования промысла

Для регулирования промысла наваги залива Терпения целесообразно использовать модификацию предосторожного подхода для сильно флуктуирующих запасов рыб [Бабаян, 2000]. Как известно, мощность промысловой части популяции наваги в первую очередь определяется вступлением в промысел высокочисленных поколений наваги. Особенно важно это для запаса залива Терпения ввиду его активной эксплуатации. Поэтому рациональное использование запаса наваги подразумевает сохранение воспроизводительной способности запаса, достаточной для того, чтобы не нарушать природную специфику динамики численности наваги зал. Терпения.

ПРП для запаса наваги зал. Терпения и юго-востока о-ва Сахалин в графической форме представлено на рисунке 58.

Прогнозирование состояния запаса

Расчет запаса выполнен при помощи программного обеспечения «ТАС». В основе расчетов запаса лежит уравнение улова Баранова [1918]:

$$C_{i,j} = \frac{F_{i,j} N_{ij}}{F_{i,j} + M_j}\left[1 - \exp\left(-\left(F_{i,j} + M_j\right)\right)\right],$$

где: i – год промысла, j – возраст особей, $C_{i,j}$ – улов особей, j-ой возрастной группы в j-ый год, $F_{i,j}$ – мгновенный коэффициент промысловой смертности особей j-ой возрастной группы в j-ый год, $M_{i,j}$ – мгновенный коэффициент естественной смертности особей j-ой возрастной группы, $N_{i,j}$ – численность особей j-ой возрастной группы в j-ый год, подчиняющаяся уравнению

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} \exp\left(-\left(F_{i,j} + M_j\right)\right).$$

Предполагается, что мгновенный коэффициент промысловой смертности $F_{i,j}$ особей j-ой возрастной группы в j-ый год промысла равен произведению зависящей от возраста селективности $s_i 0 < s_i \leq 1$ и зависящего от года промысла коэффициента промысловой смертности полностью изымаемой возрастной группы f_i, т. е.

$$F_{i,j} = s_i \, fi.$$

Численность пополнения оценивали в 230 млн экз. по данным траловой съемки 2024 г. на НИС «Владимир Сафонов».

Результаты расчетов общей численности и биомассы представлены в таблице 19. Из общего запаса в промысле участвуют порядка 92% особей, с учетом этого, промысловый запас на 2027 г. составит 26,6 тыс. т.

Таблица 19

Результаты расчета численности и общей биомассы запаса наваги в зал. Терпения в 2027 г.

Возраст	2027	
	Численность, млн экз.	Биомасса, тыс. т.
2	59,8	7,2
3	3,2397	0,4
4	30,7	5,3
5	57,8	13,6
6	5,68248	1,7
7	1,80768	0,7
Сумма	159,0	28,9

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

На 2027 г. прогнозируемая биомасса промыслового запаса наваги залива Терпения оценивается в 26,6 тыс. т. Вероятнее всего, что основу уловов составят рыбы 2023–2024 гг. рождения.

Принимая во внимание состояние запаса и предосторожный подход к регулированию промысла [Бабаян, 2000], на основе разработанных ПРП предлагается промысловое изъятие на уровне 27% (рис. 56). При величине эксплуатации 27% ОДУ составит 7,2 тыс. т. Так как навага является традиционным объектом зимней любительской рыбалки, и часть популяции непременно будет изъята во время подледного лова, считаем целесообразным заложить в ОДУсредний вылов рыбаками-любителями. Из величины ОДУ, полученной на основе ПРП, вычитаем средний вылов рыбаков-любителей, оцененный по результатам результативных наблюдений за последние несколько лет на уровне 0,3 тыс. т, то есть ОДУ=7,2–0,3=6,9 тыс. т.

ОДУ наваги в зал. Терпения и на юго-восточном побережье о-ва Сахалин в 2027 г. рекомендуется в размере 6,9 тыс. т. Основной промысел наиболее целесообразно организовать в январе. Рекомендуется участие в промысле не более 20 (10 пар) судов типа МРС в зал. Терпения в январе и не более 150 ставных орудий лова (вентерей) у юго-восточного побережья в феврале–марте.

Анализ и диагностика полученных результатов

Для оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, был проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира и превышения параметром F граничного ориентира $F_{\lim}$ [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовалось программное обеспечение «ТАС», разработанное в «КамчатНИРО», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабильном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 59), вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} на прогнозный 2027 г., при определении общего вылова наваги на уровне 6,9 тыс. т не превышает уровень приемлемого риска в 30% [Бабаян, 2000].

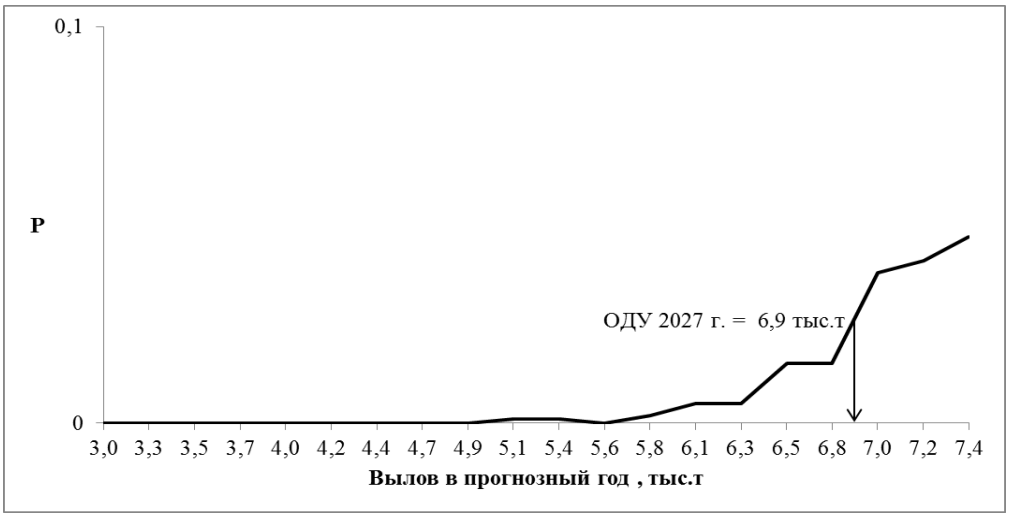


Рис. 59. Вероятность (P) превышения граничного ориентира наваги зал. Терпения на 2027 г.

Также были оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при различных уровнях годовой промысловой смертности (рис. 60).

В среднесрочной перспективе риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при изъятии на рекомендованном уровне отсутствует.

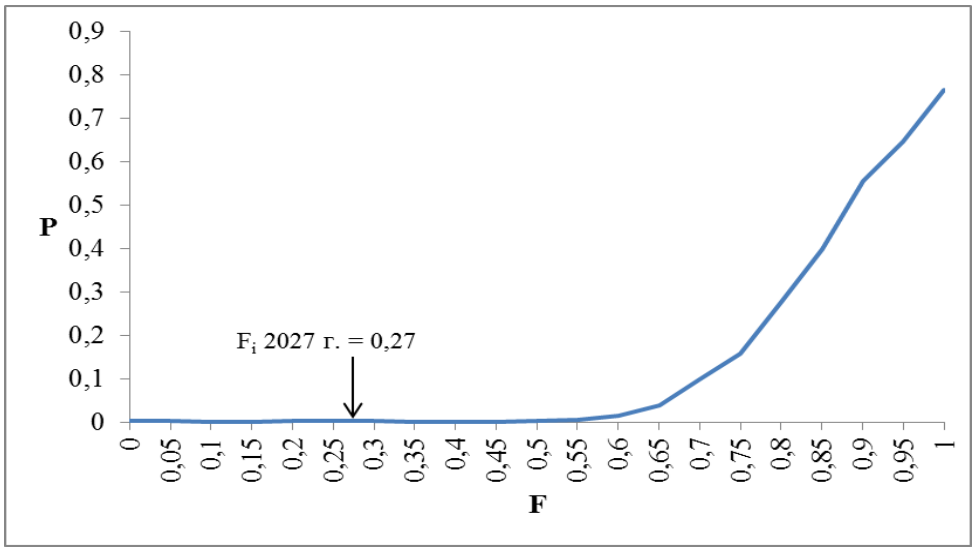


Рис. 60. Вероятность снижения нерестовой биомассы наваги зал. Терпения ниже граничного ориентира при различных уровнях годовой промысловой смертности F

Северо-восточный Сахалин

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой оценки запаса и прогнозирования вылова наваги на 2027 г. послужили материалы, собранные из промысловых уловов вентерями в 2003–2010 гг. Промысловая статистика за эти годы предоставлена СКТУ ФАР. Кроме того, использованы материалы донных траловых съемок, выполненных у северо-восточного побережья о-ва Сахалин на НИС «Профессор Пробатов» и «Дмитрий Песков» в летний период 2005–2012 гг., а также съемки НИС «Дмитрий Песков» в октябре-ноябре 2021 г.

В 2025 г. специализированных исследований, направленных на изучение биологического состояния наваги северо-восточного Сахалина, не проводилось. В целом, информационную обеспеченность данной единицы запаса следует признать неудовлетворительной соответствующему III уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104). Несмотря на отсутствие исследований в последние годы, считаем возможным использовать имеющиеся данные для инерционного прогнозирования.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Расчет запасов наваги северо-восточного побережья до 2009 г. выполнялся с применением метода виртуально-популяционного анализа. Применение этого метода имеет ряд ограничений, в частности, отсутствие достоверных промысловых данных в течение ряда лет не позволяет удовлетворительно выполнить процедуру настройки, с достаточной степенью надежности рассчитать коэффициенты промысловой смертности и запас наваги заливов северо-восточного Сахалина. Тем не менее, имеющиеся данные о динамике численности и биомассы нерестовой части популяции наваги, биологических показателей и вылова за предыдущие годы позволяют принять допущение, что ее запасы в последние годы находятся в стабильном состоянии, а биомасса нерестового запаса держится на среднемноголетнем уровне.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Дальневосточная навага у северо-восточного Сахалина образует нерестовые скопления в приустьевых участках проливов, соединяющих зал. Пильтун, Чайво, Ныйский, Набильский, Луньский с Охотским морем. Нерестилища расположены на глубине 2–8 м. Наибольшие скопления формируются в зал. Пильтун, на долю которого приходится около 70% вылова всей наваги, добываемой в этом районе. В район нереста навага подходит после установления отрицательной температуры воды, что обычно совпадает с образованием ледового припая в конце ноября – декабре. Промысел начинается в это же время и заканчивается к концу марта. Обычно средняя продолжительность промысла вентерями составляет 85–110 дней.

Основной причиной низкого освоения наваги (табл. 20) в заливах северо-восточного Сахалина в последнее десятилетие является слабо

развитый прибрежный промысел, низкая интенсивность лова наваги, что определяется рядом причин экономического и организационного характера.

Таблица 20

Освоение ОДУ/РВ наваги в заливах Северо-Восточного Сахалина в 2016–2025 гг.

Год	ОДУ/ВВ, т	Вылов, т	Освоение, %
2016	175	29,00	16,6
2017	175	41,20	23,5
2018	175	12,80	7,3
2019	175	1,53	0,9
2020	175	1,04	0,6
2021	175	100,00	57,1
2022	175	60,00	34,3
2023	525	20,00	3,8
2024	525	53,40	10,2
2025	500	90,00	18,0
Среднее	278	40,90	14,7

В промысловых уловах 2003-2010 гг. средние значения длины рыб в уловах изменялись от 23,2 (2010 г.) до 32,0 (2005 г.) см. В зависимости от численности поколений преобладали рыбы длиной 26–33 см (67,5% в 2003 г. и 43,5% в 2006 г.), и рыбы длиной до 25 см в 2007 гг. (по 56,1%) (рис. 61).

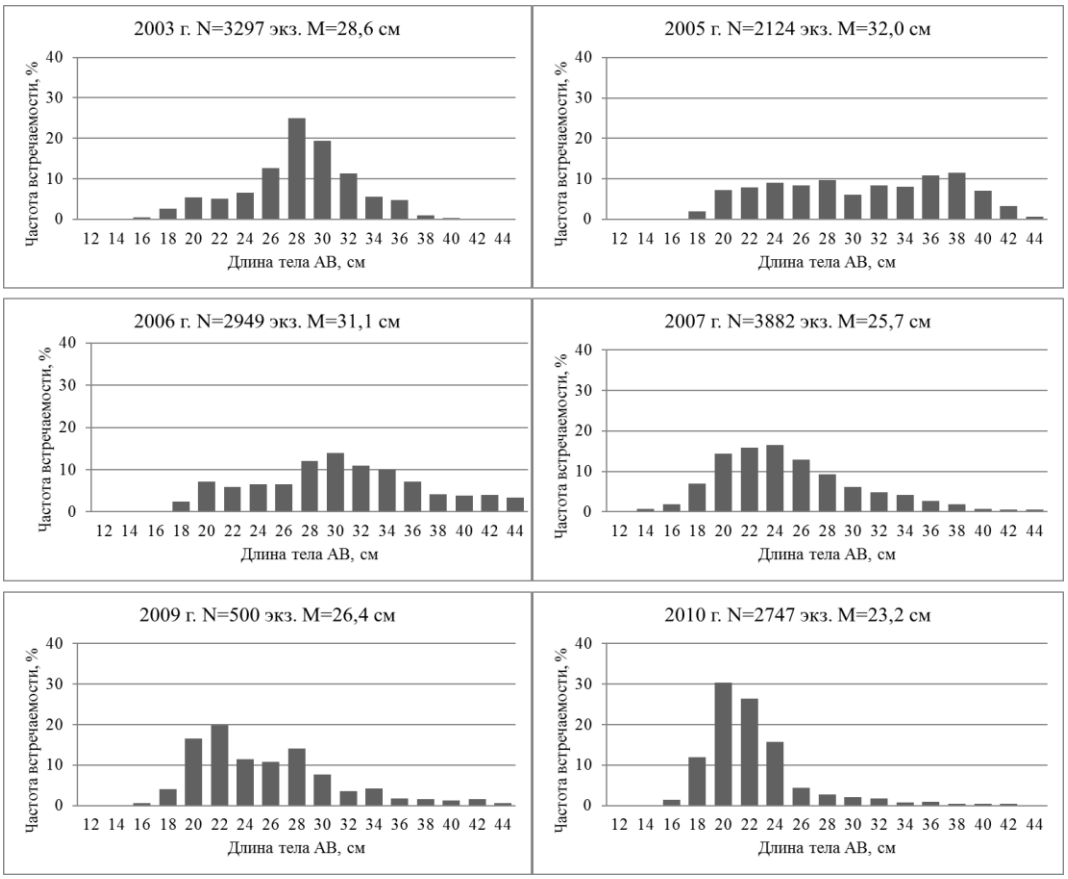


Рис. 61. Размерный состав наваги из промысловых уловов в заливах Северо-Восточного Сахалина в 2003–2010 гг.

В нерестовый период в промысловых уловах вентерей отмечены особи 2–8 лет, 65–85% приходилось на рыб в возрасте 2–4 года (рис. 62). Современных данных по размерно-возрастному составу рыб нет. Предполагаем, что при слаборазвитом рыболовстве влияния промысла на размерный состав рыб не происходит, соотношение размерно-возрастных групп определяется численностью поколений.

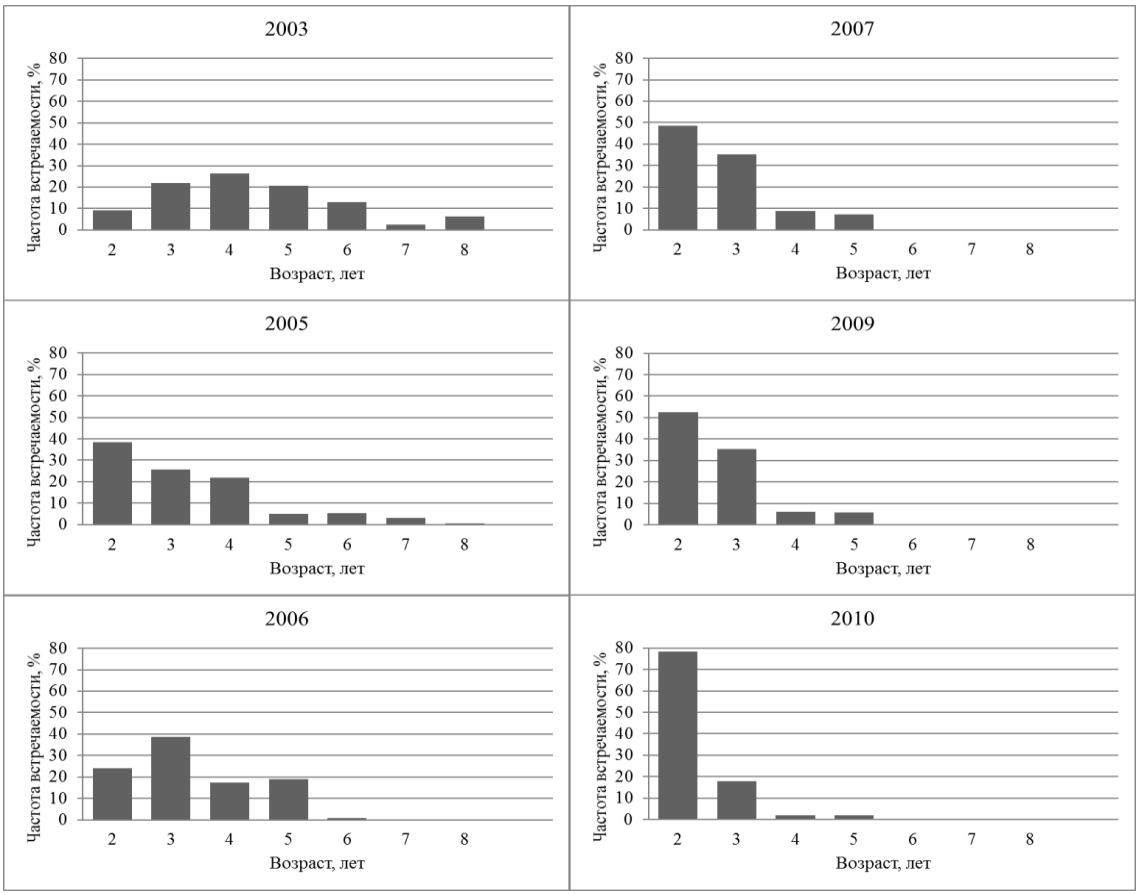


Рис. 62. Возрастной состав наваги из промысловых уловов в заливах северо-восточного Сахалина в 2003–2010 гг**.,** %

По данным траловых учетных съемок, учтенная биомасса половозрелой наваги в нагульный период на северо-восточном шельфе составляла 0,5 тыс. т в 2005 г., 1,24 тыс. т в 2006 г. и 1,026 тыс. т в 2007 г., при среднем значении 0,92 тыс. т (КУ=1).

В августе 2010 г., по данным донной траловой съемки НИС «Профессор Пробатов» (100 станций), на шельфе северо-восточного Сахалина навага встречалась единично, уловы в среднем составляли 0,001 кг/30 мин траления.

В августе 2012 г. (НИС «Профессор Пробатов», 73 станции) данный вид присутствовал в уловах также в очень незначительных количествах, средние уловы не превышали 0,1 кг/30 мин траления, а биомасса 0,2 тыс. т.

В октябре-ноябре 2021 г. по данным донной траловой съемки у северо-восточного Сахалина (50 станций) оцененная биомасса составила при КУ =1 6,7 тыс. т. В основном, была отмечена на глубинах менее 60 м, при биомассе

0,01-27,9 т/км^2. Средняя удельная биомасса по всему району работ составила 1,21 т/км^2. Наиболее плотные скопления наваги были зафиксированы южнее зал. Луньский на глубине 37 м (рис. 63). Длина наваги варьировала в интервале 9-25 см и, в среднем, составила 16,3 см (рис. 64).

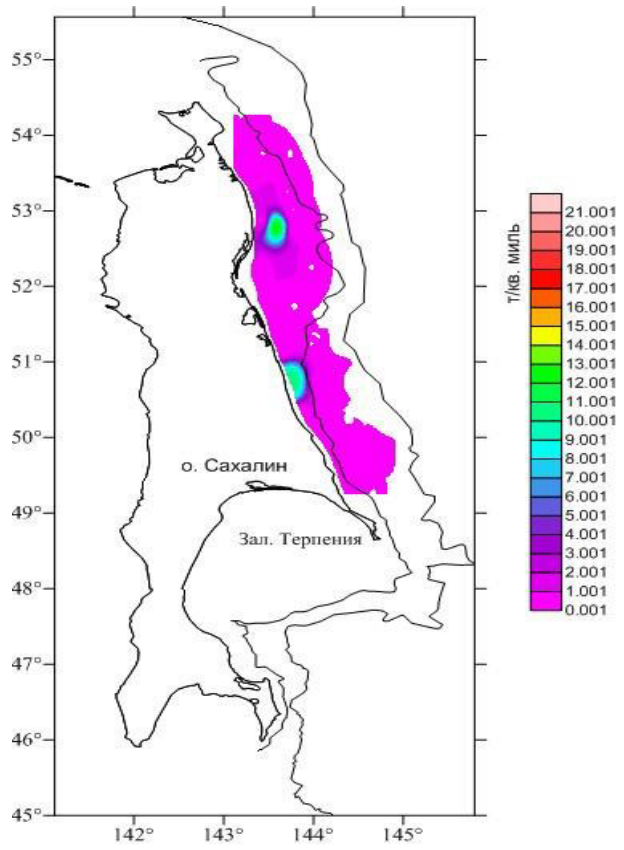


Рис. 63. Пространственное распределение биомассы наваги у северо-восточного Сахалина в октябре-ноябре 2021 г.

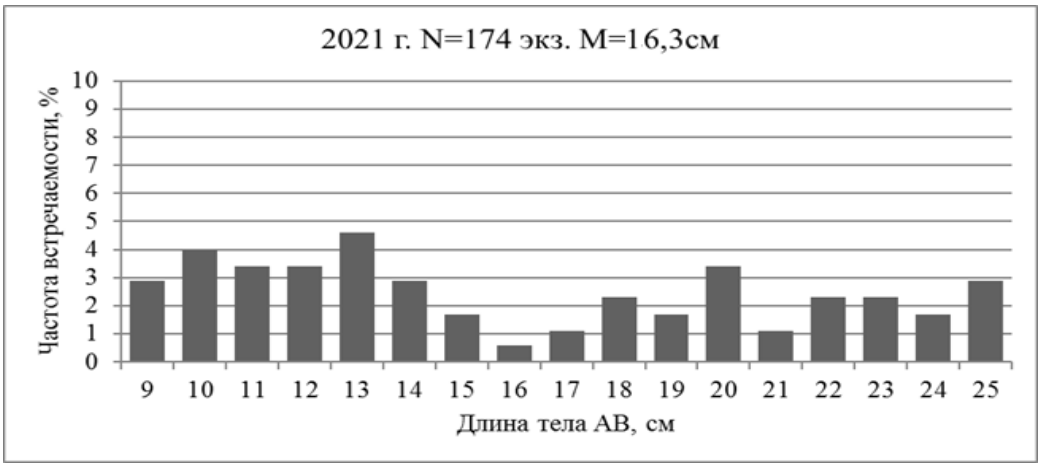


Рис. 64. Размерный состав наваги из уловов учетной траловой съемки у северо-восточного Сахалина в октябре-ноябре 2021 г. (данные массовых промеров)

Учет наваги в 2021 г. показал увеличение ее биомассы по сравнению с данными прошлых съемок. Однако говорить о резком увеличении численности наваги по данным одной съемки преждевременно.

Прогнозирование состояния запаса

Периодические изменения численности и биомассы наваги популяции северо-восточного Сахалина вызваны, прежде всего, внутрипопуляционными (внутривидовыми) причинами и в гораздо меньшей степени зависят от промысловых факторов.

Минимальная наблюденная биомасса была в 2010 г. – 0,001 тыс. т, максимальная в 2021 г. – 6,7 тыс. т, средний показатель – 1,5 тыс. т.

На основании имеющихся данных, материалов донных траловых съемок, с учетом слаборазвитого промысла в последнее пятилетие принято допущение, что биомасса промыслового (нерестового) запаса в 2027 г. будет не ниже среднемноголетнего уровня и составит порядка 1,5 тыс. т.

Определение биологических ориентиров

В настоящее время биологической и промысловой информации недостаточно для определения ориентиров управления промыслом Оценка допустимого уровня изъятия определена на уровне минимальной естественной смертности и составляет 35% [Сафронов, 1986].

Обоснование правила регулирования промысла

В настоящее время биологической и промысловой информации недостаточно для формирования ПРП.

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Исходя из расчетных показателей мгновенной естественной смертности (табл. 21), промысловое изъятие при текущем удовлетворительном состоянии запасов предлагается 35% и соответствует минимальной естественной смертности. Расчет произведен по 2010 г., как году с наиболее репрезентативными данными. В таком случае ОДУ наваги северо-восточного Сахалина может составить 0,525 ≈ 0,5 тыс. т.

Таблица 21

Мгновенная естественная смертность наваги северо-восточного Сахалина по данным 2010 г.

Показатель	Возрастная группа						
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Mt	0,50	0,43	0,35	0,37	0,46	0,63	0,92

Анализ и диагностика полученных результатов

В связи с тем, что математические модели динамики численности не использовались из-за недостаточной полноты доступной информации, что соответствует III уровню информационного обеспечения расчетов, анализ и диагностика полученных результатов не проводились.

Таким образом, **ОДУ наваги в Восточно-Сахалинской подзоне в 2027 г.** рекомендуется в объёме **7,400 тыс. т**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е. 2001. Распределение поколений минтая на первых годах жизни в восточной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 128. Ч. 1. С. 250–258.

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е. 2006. Результаты оценки запаса североохотоморского минтая по ихтиопланктонной съемке в 2005 г. // Изв. ТИНРО. Т. 145. С. 120–145.

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Жигалов И.А. 2008. Некоторые особенности нереста североохотоморского минтая в 2004–2006 гг. // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 80–92.

Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2005. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке 2004 г. // Вопросы рыболовства. Т. 6. № 22. С. 298–325.

Аксютина З. М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром–ть. 288 с.

Андрияшев А.П., 1939. Очерк зоогеографии о происхождении фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод. – Л.: изд. ЛГУ, 187 с.

Антонов Н.П. 1991. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая: Дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 152 с.

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

Балыкин П.А. 1981. Распределение, западноберинговоморского минтая в период нагула и зимовки // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 57–62.

Балыкин П.А. 2006. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря // Москва. 215 с.

Балыкин П.А., Варкентин А.И. 2006. Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО. Т. 146. М.: ВНИРО. С. 159–165.

Балыкин П.А., Сергеева Н.П., Балыкина Н.В. 2002. Зимне-весенний ихтиопланктон восточной части Охотского моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 6. С. 27–32.

Баранов Ф.И. 1918. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыбоводства и науч.–промысл. исслед. Т I. Вып. 2. С. 84–128.

Басюк Е.О. 2025. Берингово море (1.2. Гидрологический режим) // Крабы–2025. Прогноз промысловой обстановки и возможного изъятия крабов и крабоидов (крабы-стригуны, камчатский и синий крабы) на

Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (путинный прогноз). Владивосток: Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). С. 9–11.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КартМастер» для обработки данных биоресурсных съемок // 7–я Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова): тез. докл. ВНИРО. С. 18–24.

Бизиков, В.А. 2007. Географическая информационная система «КартМастер» / В.А. Бизиков, С.М. Гончаров, А. В. Поляков // Рыбное хозяйство. № 1. С. 96–99.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Тихоокеан. Науч.–исслед. Рыбохоз. Центр. Владивосток: ТИНРО–центр. 216 с.

Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. 2003. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства. – Т. 4. – С. 157-170.

Борисовец Е.Э., Надточий В.А. 2003. Диаграммы Вороного – как один из методов оценки состояния ресурсов // Тез. докл. междунар. семинара, 19–21 марта 2003 г., г. Мурманск // Роль климата и промысла в изменении структуры зообентоса шельфа (камчатский краб, исландский гребешок, северная креветка и др.) — С.17–18.

Булатов О.А., Васильев Д.А. 2022. Размножение, запасы и промысел минтая в Наваринском районе Берингова моря // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 95–104.

Булатов О.А., Васильев Д.А. 2023. Регулирование промысла минтая. «Предосторожный подход» или максимальный устойчивый улов? // Вопросы рыболовства. Т. 24. № 3. С. 5–18.

Буслов А.В., Варкентин А.И. 2000. Как усовершенствовать учет вылова минтая // Рыб. хоз–во. С. 33–34.

Буслов А.В., Овсянников Е.Е. 2022. Некоторые аспекты биологии и промысла минтая *Theragra chalcogramma* юго-западной части Чукотского моря в связи с его размерно-возрастной структурой // Известия ТИНРО. Т. 202, вып. 2. С. 316-328.

Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2009. Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (Theragra chalcogramma) // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз–ва и океанографии. Т. 156. С. 82–94.

Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (GADIDAE) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки / Вопр. ихтиол. Т. 42, № 5. С. 617-625.

Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 282–298.

Буяновский А.И. 2013. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. – М.: Изд. ФГУП «ВНИРО». – 222 с.

Варкентин А.И. 2004. К вопросу о качестве промысловых данных, используемых для расчета запаса минтая в северной части Охотского моря методами математического моделирования // Тезисы докладов IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд–во ПИНРО. С. 154–156.

Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В. 2000. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Докл. Второй Камчаткой обл. науч.–практ. конф. Петропавловск–Камчатский. С. 13–16.

Варкентин А.И., Малых К.М., Ильин О.И. 2021. Некоторые данные о селективности промысла минтая разноглубинными тралами в северо–восточной части Охотского моря, в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам // Вопросы рыболовства. Т. 22. № 2. С. 93–109.

Варкентин А.И., Овчеренко Р.Т., Калугин А.А. 2019. О некоторых результатах донных траловых съемок в тихоокеанских водах Камчатки в 1999, 2002, 2016–2018 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо–западной части Тихого океана. № 55. С. 5–43.

Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003-2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 47. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. С. 5–45.

Васильев Д.А. 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения: монография. М.: Изд–во ВНИРО. 111 с.

Вдовин А.Н. 2019. Половое созревание и соотношение полов у тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиологии. Т.59. №3. С.737–740.

Гулин В.В., Руденко Г.П. К методике определения продукции популяций рыб в озёрах // Вопросы ихтиологии. 1973. Т. 13, вып. 6(83). С. 977–989.

Дифференциация минтая Охотского моря по микросателлитным локусам. 2018. / Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю. и др. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо–западной части Тихого океана. № 48. С. 5–18.

Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 423 с.

Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов // Владивосток: ТИНРО. 248 с.

Золотов А.О. 2010. Оценка запасов тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Tilesius, 1810) восточного побережья Камчатки // Вопросы рыболовства. – Т.10. – №1(41). –С.112–124.

Золотов А.О. 2024а. Распределение тихоокеанской трески Gadus macrocephalus (Gadidae) и функциональная структура ее ареала в северной части Японского моря и некоторые вопросы регулирования ее промысла // Изв. ТИНРО. – 2024. – Т.204. – Вып.1. – С.86–111.

Золотов А.О. 2024б. Использование метода обратных расчислений роста для определения возрастного состава уловов некоторых видов морских промысловых рыб // Изв. ТИНРО. – 2024. – Т. 204, вып. 4 (в печати).

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. 2013. Современное состояние запасов камбал тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курил и проблемы регулирования их промысла // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино–Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. Южно–Сахалинск: СахНИРО, Т. 14. С. 17–35.

Золотов А.О., Н.П. Антонов Н.П., Мазникова О.А. 2020. Ресурсы трески Курильских островов: запасы и современный промысел // Рыб. хоз–во. №4. С. 60–67.

Золотов О.Г., Антонов Н.П. 1986. О популяционной структуре восточнокамчатского минтая // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 43–50.

Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Сборник научных трудов, Владивосток, ТИНРО. С. 65–73.

Ильин О.И. 2022. О применении фильтров Калмана в когортных моделях // Известия ТИНРО. Т. 202, № 3. С. 601–622.

Ильин О.И. 2018. I.2. Программный комплекс «Синтез» (ФГБНУ «КамчатНИРО») // Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. – М.: ВНИРО. С. 59–88.

Ильин О.И., Саушкина Д.Я. 2022. К оценке продукции икры минтая в каньонах Авачинского залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо–западной части Тихого океана: КамчатНИРО. В печати.

Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Тр. ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.

Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Кобликов В.Н. 2015. Современное состояние рыболовства в подзоне Приморье и его перспективы //Рыбное хозяйство, №2. – С. 49–54.

Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноохотского минтая // Рыбн. хоз–во. № 12. С. 13–14.

Ким Л.Н. 2010. Современное состояние промысла рыб в Уссурийском заливе (Японское море) // Известия ТИНРО. Т. 163.– С. 106–130.

Ким Сен Ток, А.М. Орлов, С. Н. Тарасюк. 2010. Оценка современного состояния запасов трески в районе южных Курильских островов и острова Хоккайдо для формирования научно–обоснованной позиции российской стороны по вопросам ее исследований и добычи // Международная рыбохоз. деятельность РФ на современном этапе: Труды ВНИРО. – Т. 149. – С. 391–407.

Ким Сен Ток. 2019. Динамика запасов западно–сахалинских стад трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810 и минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 (Gadiformes, Gadidae) в период 1980–2010–х гг. Тр. СахНИРО. С. 21–37.

Кровнин А.С., Зуенко Ю.И., Фигуркин А.Л., Хен Г.В., Кивва К.К., Новиков Ю.В., Тепнин О.Б. 2022. Океанологические условия в пределах ареала минтая. // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 16–44.

Кулик В.В. и др. 2024. Отчет о НИР по теме 9 «Исследования водных биоресурсов морей России и внутренних водоемов и разработка мер, направленных на восстановление численности видов, испытывающих значительную антропогенную нагрузку» по этапу «Исследования водных биоресурсов морей России и внутренних водоемов и разработка мер, направленных на восстановление численности видов, испытывающих значительную антропогенную нагрузку в 2024 г.» по подтеме 9.7 // М.: ВНИРО.

Кулик В.В., Варкентин А.И., Ильин О.И. 2020. Стандартизация уловов на усилие минтая в северной части Охотского моря с учетом некоторых факторов среды // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). Т. 200. № 4. С. 819–836.

Лисовенко Л.А. 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки. М.: ВНИРО, 111 с.

Малкин Е.М. 1995. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций // Вопр. ихтиологии. Т. 35, № 4. С. 537–540.

Малкин Е.М. 1999. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб. – М.: ВНИРО. – 145 с.

Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. 2018. / В.К. Бабаян [и др.]. М.: Изд–во ВНИРО, 312 с.

Михеев А.А. 2003. Стохастическая когортная модель для беспозвоночныхс прерывистым ростом // Тр. СахНИРО. Т. 5. С. 216–242.

Михеев А.А. 2016. Применение фильтра Калмана в когортной модели для корректировки оценок запаса при наличии неучтенного вылова // Вопр. Рыболовства. Т. 17. № 1. С. 568–589.

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. *В.П. Шунтова* и *Л.Н. Бочарова*. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 416 с.

Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (Eleginus gracilis (Til.)) прикамчатских вод. // Автореф. Дис. … канд. биол. наук. Петропавловск–Камчатский. 24 с.

Новикова О.В. 2010. Условия формирования промысловых скоплений наваги Eleginus gracilis Tilesius (Gadidae) у Западной Камчатки) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо–западной части Тихого океана: Вып. 18. Изд–во КамчатНИРО. Петропавловск–Камчатский. С. 71–81.

Новикова О.В. 2014. Обзор промысла тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* (Til.) в Дальневосточных морях // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. – Вып. 33. – С. 38-48.

О результатах донной траловой съемки в Западно–Беринговоморской и Чукотской промысловых зонах, а также в заливе Олюторский Карагинской подзоны на НИС «Бухоро» 23 июня–21 августа 2017 года. Рейсовый отчет. – Владивосток, 2017. – 193 с.

О результатах донной траловой съемки в северной части Японского моря на НИС «Владимир Сафонов» с 26 апреля по 3 июня 2022 года. Рейсовый отчет. Владивосток: ТИНРО. 2022 г. 135 с.

О результатах научно–исследовательских работ по оценке биологических ресурсов в Чукотской, Западно–Беринговоморской и Восточно–Камчатской зонах на РС «Дмитрий Песков» с 25 июня по 19 сентября 2024 года. – Рейсовый отчет. – Владивосток, 2024. – 207 с.

Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 20 с.

Овсянникова С.Л. 2012. Оценка и прогнозирование запасов минтая южно–курильского района //Известия ТИНРО. Т. 170. С. 45–59.

Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2022. Современное состояние, особенности формирования и эксплуатации запасов минтая у южных Курильских островов//Труды ВНИРО. Т. 189. С. 134–144.

Особенности популяционной структуры тихоокеанской трески Gadus macrocephalus южной части ареала на основе микросателлитного анализа. 2018. / Смирнова М. А. и др., // Генетика. Т.54. №6. С.661–670.

Полиморфизм популяционно–генетических маркеров минтая северной части Охотского моря. 2012. / Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю. и др. // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80–летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО», «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление». Петропавловск–Камчатский: КамчатНИРО. С. 439–447.

Положение по функционированию отраслевой иерархической информационно-аналитической автоматизированной системы управления использования водных биоресурсов (информационная система «Рыболовство»). 1996. М.: ВНИЭРХ. 78 с.

Препарата Ф., Шеймос М. 1989. Вычислительная геометрия. — М.: Мир — 478 с.

Рекомендации по методикам и подходам к оценке приоритетных единиц запасов (треска, минтай, палтус). 2020. / Бабаян В.К. и др. – М.: Изд-во ВНИРО. 281 с.

Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. – (Перевод с английского). М.: Пищевая промышленность. 408 с.

Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019.: Некоторые предварительные результаты. 2019. / Орлов А.М. и др. // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 206-2020.

Савин А.Б. 2014. Сезонная изменчивость распределения тихоокеанской трески Gadus macrocephalus, Gadidae на западнокамчатском шельфе в связи с её миграциями в Охотском море и за его пределы. – Изв. ТИНРО. – Т. 138. – С. 154–167.

Савин А.Б. 2021. Пространственное распределение, нагульные миграции и динамика запасов трески в Беринговом море (годовой отчет о научно–исследовательской работе). – Владивосток: Архив ТИНРО № 28816, 46 с.

Савин А.Б. 2023. Запасы и промысел трески (Gadus macrocephalus, Gadidae) северо–западной части Берингова моря в 1965–2022 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 203, вып. 3. С. 465–489.

Савин А.Б., Калчугин П.В. 2011. Сезонное распределение и миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в северо–западной части Японского моря и прилегающих акваториях // Вопр. ихтиологии. Т.51. №3. С.326–340.

Сафронов С.Н. 1986. Методы оценки запаса и прогнозирование улова дальневосточной наваги в водах Сахалина и Южных Курил / С. Н. Сафронов // Тезисы III Всесоюз. науч. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. Мурманск. – Мурманск, С. 51–53.

Семененко Л.И. 1965. О локальных стадах тихоокеанской наваги и перспективах ее промысла в северной части ареала // Изв. ТИНРО. Т. 59. С. 136–144.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. 1988. Метод сплайн–аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на примере креветки Pandalus borealis у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. – М.: ВНИРО – С. 45–70.

Тарасюк С.Н., Бирюков, И.А., Пузанков К.Л. 2000. Методические аспекты оценки сырьевых ресурсов донных рыб шельфа и свала Северных Курильских островов // Промыслово–биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: ВНИРО. С. 46–54.

Темных О.С. 1989. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море // Биол. моря. № 6. С. 22–30.

Тюрин П.В. 1972. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. Гос. НИИ озерн. и речн. рыбн. хоз-ва. – Т.71. С.403-427.

Фадеев Н.С. 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 3–18.

Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Сборник научных трудов. Владивосток: ТИНРО. С. 5–22.

Фадеев Н.С. 1988. Регулирование промысла минтая на севере Охотского моря. // Рыбное хозяйство. № 11. С. 33–36.

Фадеев Н.С. 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно–возрастному составу // Биол. моря. 1999. Т. 25. Вып. 3. С. 246–249.

Фадеев Н.С. 2001. Урожайность поколений североохотоморского минтая // Вопр. рыб–ва. Т. 2. № 2 (6). С. 299–318.

Фадеев Н.С., Веспестад В.Дж. 2001. Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. Т. 128. С. 75–91.

Фадеев Н.С., Смирнов А.В. 1994. Распределение, миграция и запасы минтая // Рыбн. хоз–во. № 3. С. 33–37.

Филогеография тихоокеанской трески Gadus macrocephalus на основе анализа полиморфизма контрольного региона мтДНК. 2019. / Орлова С.Ю. и др. // Генетика. Т. 55. №5. С. 531–543.

Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика и неопределенность // Пер. с англ. В.П. Максименко; под ред. В.С. Левина. – Санкт–Петербург: Изд–во «Политехника», 228 с.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря // М.: Агропромиздат. С. 126–127.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Дулепова В.П., Темных О.С. 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: Структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики. Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 3–15.

Ashton W.D. 1972. The logit transformation with special reference to its used in bioassay // Hafner Publishing Company, Inc., New York. 88 p.

Barbeaux S, J., Barnet L., Hulson P., Nielsen J., Shotwell S. K., Siddon E., Spies I. 2024. Assessment of the Pacific cod stock in the Eastern Bering Sea // Plan Team for the Groundfish Fisheries of the Bering Sea/Aleutian Islands (compiler), Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea/Aleutian Islands regions. Anchorage, North Pacific Fishery Management Council. 2024. 150 p. On-line: https://files.npfmc.org /SAFE/2024/EBSpcod.pdf

Bentley N., Kendrick T. H., Starr P. J., Breen P.A. 2011. Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catch-per-unit-effort standardizations // ICES J. Mar. Sci. Vol. 69. № 1. P. 84–88.

Berg C.W., Nielsen A. 2016. Accounting for correlated observations in an age–based state–space stock assessment model // ICES Journal of Marine Science, Vol. 73, Iss. 7. P. 1788–1797, https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw046

Bertalanffy, L. von. 1938. A Quantitative Theory Of Organic Growth // Human Biology. V. 10. № 1. P. 181–213.

Burnham K. P., Anderson D. R. 2004. Multimodel Inference // Sociological Methods & Research. Vol. 33. P. 261–304.

Caddy J.F. 1998. A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data–poor situations. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Technical. 379 p.

Chen, S. and S. Watanabe. 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. Nippon Suisan Gakkaishi v.55, p.205–208.

Chilton D.E., Bemish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.

Darby C.D., Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1 (Windows/DOS) User Guide, Information Technology Series, No. 1, Lowestoft MAFF, Directorate of Fisheries Research. 85 p.

DeFilippo L.B., Thorson J. T., O'Leary C. A., Kotwicki S., Hoff J., Ianelli J. N., Kulik V. V., Punt A.E. 2023. Characterizing dominant patterns of spatiotemporal variation for a transboundary groundfish assemblage // Fisheries Oceanography. 32. P. 541–558. On-line: https://doi.org/10.1111/fog.12651

Deriso R.B., P.R.Neal, and T.J. Quinn II. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42. P. 815–824.

Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (Gadus chalcogrammus) distribution across the Bering Sea shelf // Deep–Sea Research Part II. Vol. 181-182. 104881. P. 1-19.

Fadeev N.S. 1989. Methods for calculating Pollock Size and Sex Structure Using Egg Survey Data // Proc. Int. Symp. Biol. Mngmt. of Walleye Pollock. P. 509–514.

Francis R.I.C.C. 1991. Risk analysis in fishery management // Northwest Atl. Fish. Organ. Sci. Coun. Stud. V.16. – P.143–148.

Gavaris S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size// Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. (CAFSAC). Res. Doc. 88/29, 12 p.

https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/

Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R., Monnahan, C. C., Muradian, M. L., Ono, K., Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., and Punt, A. E. 2015. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in

integrated, age-structured stock assessment models. – ICES Journal of Marine Science, 72: 99–110.

Kalman R.E. 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems // J. Basic Eng. V. 82, P. 34–45.

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

Kotwicki S., Lauth R. R. 2013. Detecting temporal trends and environmentally-driven changes in the spatial distribution of bottom fishes and crabs on the eastern Bering Sea shelf // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 94, P. 231–243. On-line: https://doi.org/ 10.1016/j.dsr2.2013.03.017

Kulik V.V., Ovsyannikov E.E., Varkentin A.I., Ilyin O.I., Budyansky M.V., Uleysky M.Y., Prants S.V. 2025. Catch Efficiency and Biomass Estimates of Walleye Pollock (Gadus chalcogrammus) in Relation to Lagrangian Indicators and Surface Temperature of Water in the Okhotsk Sea // Fisheries Oceanography. 0:1–15. https://doi.org/10.1111/fog.70026

Kvamsdal S.F., Eide A., Ekerhovd N.–A., Enberg K. et al. 2016. Harvest control rules in modern fisheries management // Elementa: Science of the Anthropocene 1 January 2016; 4 000114. DOI: 10.12952/journal.elementa.000114.

Markowitz E., Rohan S., Charriere N., Anderson Ch., Wassermann S., Stevenson D. Results of the 2025 Eastern and Northern Bering Sea Bottom Trawl Survey. 2025. On-line: https://meetings.npfmc.org /CommentReview /DownloadFile?p=5c1105b8-2588-46e5-9ddf-ffd893bd072e. pdf&file Name=C5% 202025% 20EBS%20and%20NBS%20Bottom%20Trawl%20Survey.pdf

Methot R.D. 1989. Synthesis estimates of historical abundance and mortalityon northern anchovy // Mathematical analysis of fish stock dynamics: reviews, evaluations, and current applications. Am. Fish. Soc. Symp. V. 6. P. 66–82.

Metropolis N., Ulam S. 1949. The Monte-Carlo method // J. Amer. Stat. Assos. 44. № 247.

Mohn R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data // ICES Journal of Marine Science. V. 56. Pp. 473–488.

Patterson K.R. 1994. Technical reference for the Integrated Catch–at–Age Programmes, Version 1.2 //SOAFD Marine Laboratory. Aberdeen. 13 p.

Pope J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Research Bulletin ISNAF, 9: 65–74.

Quinn T.J., Deriso R.B. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.

R Core Team. 2025. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URI: https://www.R-project.org/ (21.01.2025)

R Core Team. 2026. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URI: https://www.R-project.org/ (14.01.2025).

Schnute J.T. 1994. A general framework for developing sequential fisheries models // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 51. P. 1676–1688.

Sissenwine M.P., Shepherd J.G. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: p. 913-918.

Sullivan J. Y., Monnahan C., Hulson P., Ianelli J., Thorson J., Havron A. 2022. REMA: a consensus version of the random effects model for ABC apportionment and Tier 4/5 assessments. // Plan Team Report, Joint Groundfish Plan Teams, North Pacific Fishery Management Council. 605 W 4th Ave, Suite 306 Anchorage, AK 99501.

Sullivan J., Balstad L. 2022. rema: A generalized framework to fit the random effects (RE) model, a state–space random walk model developed at the Alaska Fisheries Science Center (AFSC) for apportionment and biomass estimation of groundfish and crab stocks. // R package version 1.2.0, commit 14cf71d9ff83902d1e83f1d017f8f9e9584f2dc5, https://github.com/afsc–assessments/rema/

Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

Volotira R.J.Jr., Sample T.M., Morin M.Jr. 1977. Demersal fish and shelf fish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976 // N–west and Alaska Fish. Center. Proc. Rep. – Seattle, Washington. – 292 p.