

**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, ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ
В РАНЕЕ УТВЕРЖДЕННЫЙ ОБЩИЙ ДОПУСТИМЫЙ УЛОВ
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 2025 ГОД
(с оценкой воздействия на окружающую среду)**

Разработаны:

ФГБНУ «ВНИРО»

Директор ФГБНУ «ВНИРО»

К.В. Колончин

_____ 2025 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

**Федеральное агентство
по рыболовству**

Заместитель руководителя

В.И. Соколов

19 _____ 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

МИНТАЙ (<i>Theragra chalcogramma</i>)	3
61.06 - Зона Японское море	3
61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона	3
61.05 - Зона Охотское море.....	26
61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона	26
СЕЛЬДЬ ТИХООКЕАНСКАЯ (<i>Clupea pallasii</i>)	53
61.02 - Зона Восточно-Камчатская	53
61.02.1 - Карагинская подзона.....	53
61.05 – Зона Охотское море	73
61.05.1 – Северо-Охотоморская подзона	73
КРАБ КАМЧАТСКИЙ (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)	92
61.05 - зона Охотское море	92
61.05.1 - Северо-Охотоморская подзона	92
КРАБ СИНИЙ (<i>Paralithodes platypus</i>)	105
61.05 - зона Охотское море	105
61.05.1 - Западно-Камчатская подзона	105
КРАБ-СТРИГУН ОПИЛИО (<i>Chionoecetes opilio</i>)	120
61.05 – зона Охотское море.....	120
61.05.1 — Северо-Охотоморская подзона	120
КРАБ-СТРИГУН БЭРДИ (<i>Chionoecetes bairdi</i>)	132
61.01 – зона Западно-Берингоморская.....	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	148

МИНТАЙ (*Theragra chalcogramma*)

61.06 - Зона Японское море

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 1990–2024 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 2003–2024 гг. получена из базы ОСМ Росрыболовства. Информация по японскому вылову в западных водах о. 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 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 2023-2024 гг. промысловые данные были собраны в ходе разноглубинного тралового лова, интенсивность которого стремительно выросла в рассматриваемом году. С 2009 г. для анализа размерно-возрастной структуры проанализировано и промерено порядка 23,5 тыс. особей минтая.

Исходя из требований приказа Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, информационная обеспеченность прогноза в настоящее время соответствует I уровню.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Информация о возрастной структуре уловов минтая доступна с 1990 г., что позволяет отнести 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 г., прошедших общественные обсуждения и государственную экологическую экспертизу, уже было показано статистическое преимущество использования модели UKS перед остальными моделями. Выбор осуществлялся на основе критерия AICс, учитывая, что во всех конфигурациях отношение числа наблюдений к числу параметров было меньше 40 [Burnham, Anderson, 2004]. Самый низкий AICс 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: $\rho(\text{SSB}) = -0,04$ и $\rho(F) = -0,098$ за период 5 лет с 2018 по 2022 гг. относительно 2023 г.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

За прошедшие 30 лет наибольшей величины вылов минтая в Западно-Сахалинской подзоне Японского моря российскими судами был 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. 1). 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. 2458 т или 70,2% ОДУ. В 2021 г. вылов составил схожую величину – 2665 т или 66,6% ОДУ. В 2022 г. годовое изъятие резко выросло до 6251 т, хотя уровень освоения рекомендованного ОДУ составил лишь 53,0%, ввиду значительного увеличения допустимого изъятия. В 2023 г. общий вылов вновь удвоился и составил по данным ОСМ «Росрыболовства» 12920,8 т или 86,1%. В предыдущие годы местные предприятия использовали на лове, в основном, 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) флота, вооруженные разноглубинными тралами. Суммарный вылов СТФ и КТФ составил в этом году 7582,4 т или 58,7% годового изъятия. В 2024 г. годовой вылов достиг уже 29704,126 тыс. т или 84,9% при допустимом изъятии 35 тыс. т. Суммарный вылов СТФ и КТФ составил примерно 94,5% 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 2018-2024 гг. промысел объекта заметно усилился, что связано с улучшением состояния промыслового стада.

Длительная тенденция снижения запасов и вылова минтая наблюдалась и в смежных водах о. Хоккайдо, что объясняется единым популяционным ареалом вида, охватывающим западные воды о. Сахалин и о. Хоккайдо. В японских водах с 1970 по 1992 гг. вылов менялся в пределах 84–163 тыс. т (рис. 1). 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 5,1-5,6 тыс. т. Объем российского вылова в Татарском проливе в 2000-е гг. значительно уступал японскому вылову и составлял всего 1–8% от его величины. В 2010-е гг. этот показатель нарастал от 6 до 29%, а в начале 2020-х гг. составил около 48%.

Таблица 1

**Вылов, ОДУ и степень освоения ресурсов минтая в Татарском проливе
в 2003–2024 гг., т**

Год	ОДУ, т	Общий вылов (ССД), 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
Среднее (2003-2024):	4793,3	2990,567	62,4
Среднее (2015-2024):	7935,3	5861,035	73,9

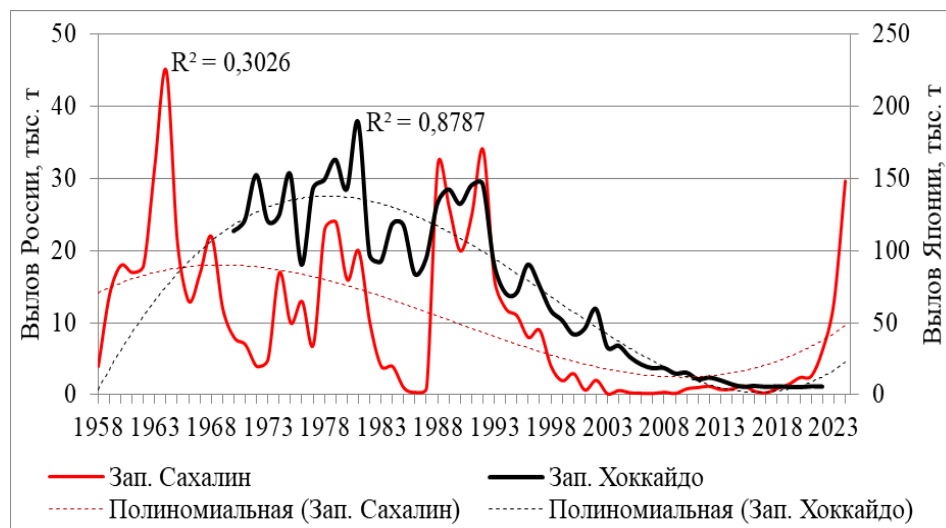


Рис. 1. Многолетняя динамика вылова минтая в северояпонских водах и ее полиномиальный тренд

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 2021–2024 гг. флот вел интенсивный промысел всю первую половину года – с января по июнь и, после длительного перерыва, в ноябре–декабре. В последнее десятилетие (2015–2024 гг.), максимальные уловы рыб наблюдались в мае–сентябре, что в сумме составляло 51% годового вылова (рис. 2). 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. 3). Суда, оснащенные разноглубинными травами, 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.).

В последнее десятилетие вылов минтая в западных водах Сахалина осуществлялся крупнотоннажными (10,0%), среднетоннажными (20,2%) и малотоннажными (42,4%) судами, оснащенными снюрреводным и траловым оборудованием (рис. 2). Судами КТФ и СТФ преимущественно использовались разноглубинный трал (90,0%) и снюрреводы (9,8%), доля вылова донным тралом не превышала 0,2%. Основу добычи малотоннажного флота составлял снюрреводный вылов (почти 100%).

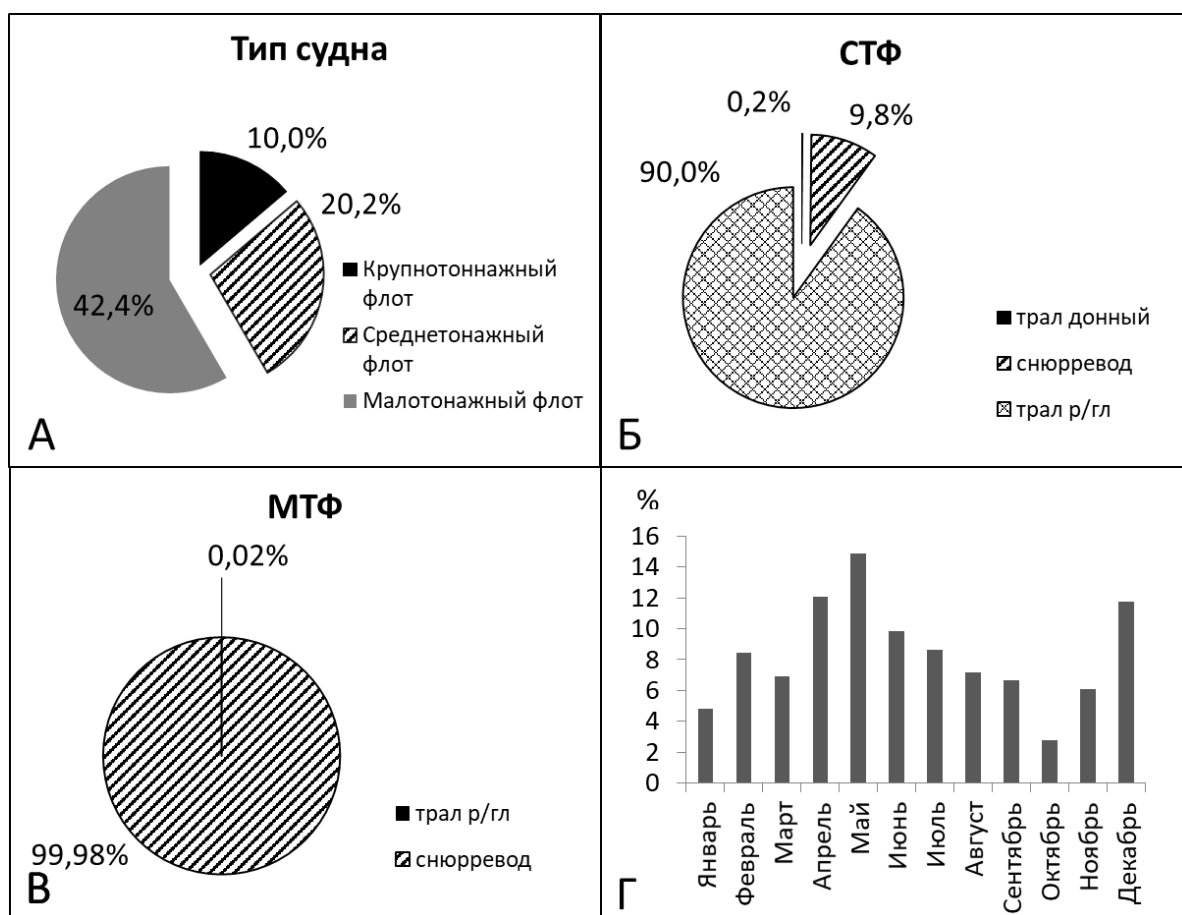


Рис. 2. Среднемноголетняя статистика добычи минтая в Татарском проливе по типу судов (А), орудиям лова (Б, В) в период 2015–2024 гг. (Г)

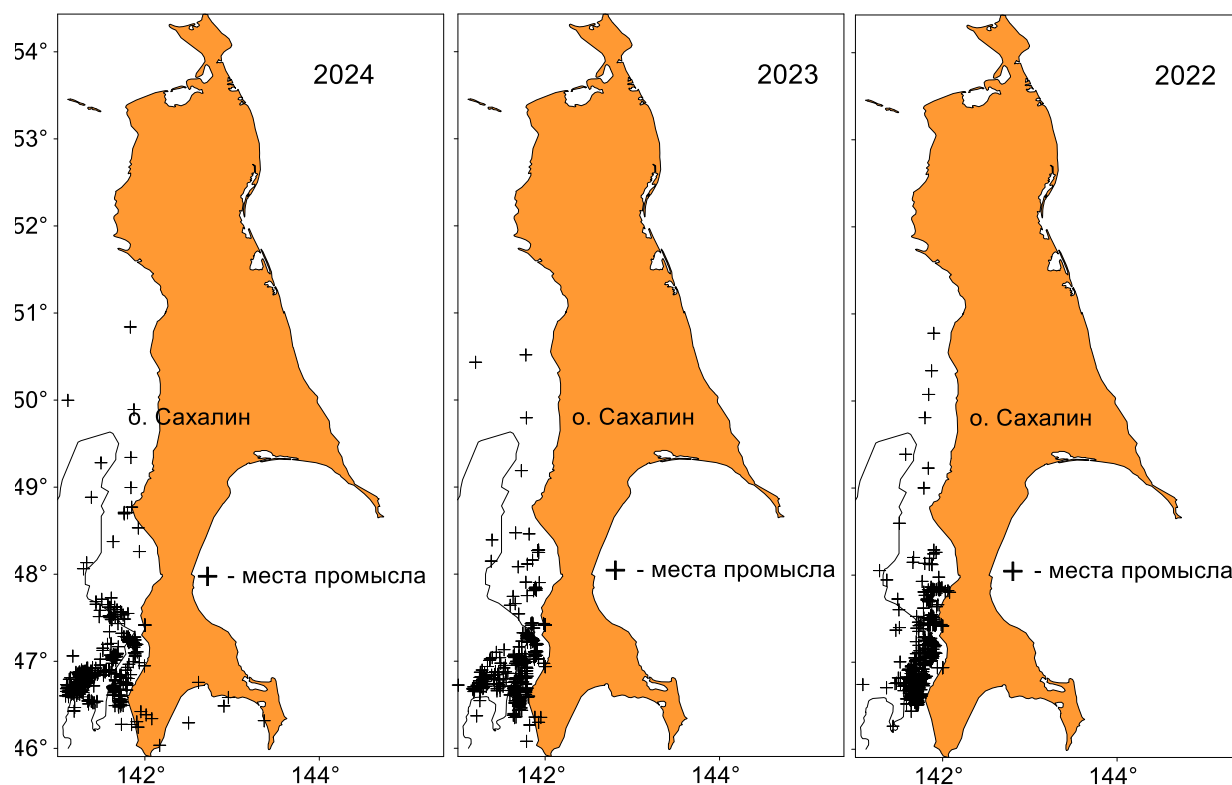


Рис. 3. Район промысла минтая в водах Татарского пролива в 2022–2024 гг.

За прошедшее десятилетие промысловые уловы на усилие (суточный вылов снюрреводами) у малотоннажных судов типа МРС претерпевали заметные колебания (рис. 4а). 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. 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 существенно колебался, находясь в пределах 1,2-3,6 т/операцию. Суда типа РС, показывавшие высокие результаты промысла в последнее пятилетие, в 2024 г. продемонстрировали сходную с 2023 г. величину улова на усилие - 6,0 т (рис. 4б). Средние уловы на усилие для судов типа СТФ и КТФ кратно увеличивались в 2021-2024 гг. (рис. 4в, г).

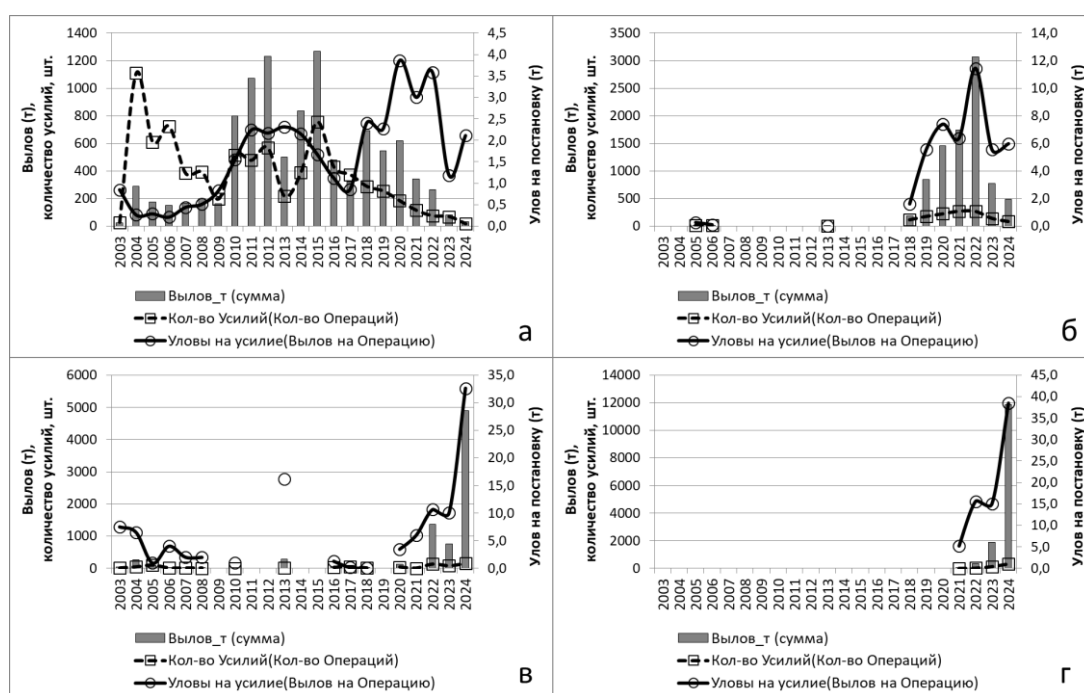


Рис. 4. Многолетняя динамика общего вылова (2003–2024 гг.), количества усилий и уловов на усилие для снюрреводного промысла судов типа МРС (а) и РС (б), а также разноглубинного промысла судов СТФ (в) и КТФ (г)

Динамика изменения ежегодного количества усилий (число постановок) МРС показывала тренд снижения в период 2004–2009 гг. После периода существенных скачков в 2010-2015 гг., этот параметр стал постепенно снижаться, достигнув в 2023 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 2016–2017 гг. годовой вылов МРС вновь заметно упал и, после кратковременного положительного тренда в 2018–2020 гг., продолжил снижение. Наблюдаемая нестабильность динамики общего улова МРС в 2010-е гг. могла быть обусловлена низкой

интенсивностью промысла, а также сменой доминантных поколений рыб в стаде. В последние годы происходила целенаправленная замена судов типа МРС типом РС, с последующим их замещением на суда типа СТР, СРТМ и БМРТ. Это отразилось на существенном увеличении общего годового вылова для судов СТФ и КТФ, и соответствующем сокращении для 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. 5). В 2005 г. икра минтая была отмечена всего на девяти станциях, а ее уловы варьировали от 2 до 28 шт./м². Средний улов составил 2,4 шт./м². Учетное количество икры в первой съемке составило 13,0–13,2*10¹¹ шт. Полученные величины были близки к оценке 2004 г. (12,67*10¹¹ 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.

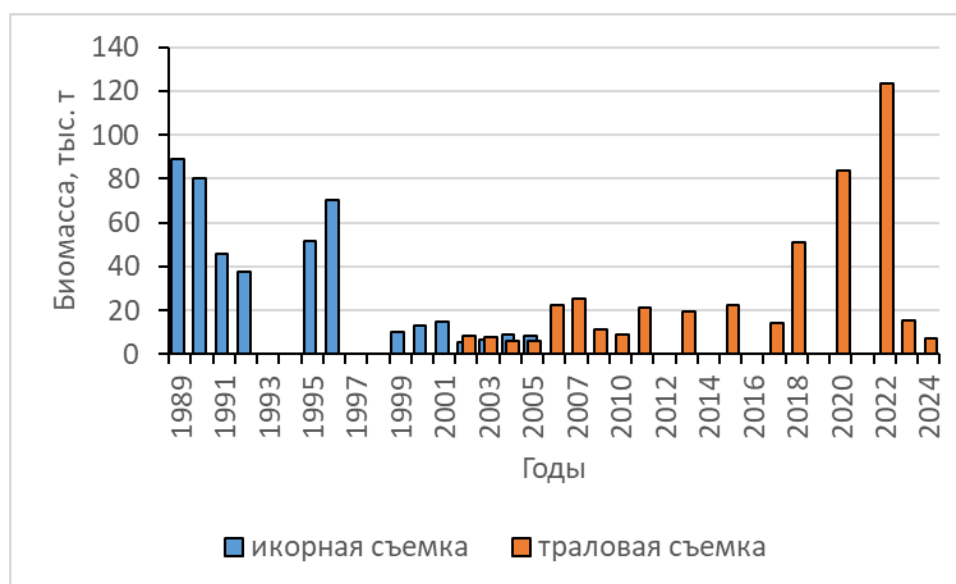


Рис. 5. Расчетная общая биомасса стада по данным учетных съемок

В 2006–2007 гг. величина промыслового запаса вида в Западно-Сахалинской подзоне поднялась 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 «Дм. 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 «В. Сафонов», промысловая биомасса минтая увеличилась до 116,7 тыс. т, что указывает на продолжение современного тренда роста ресурсов вида в районе. В марте-апреле 2023 г. по результатам учетной съемки на НИС «Дм. 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. Сахалин. Но, в 2024 г. очередная траловая съемка в сентябре-октябре вновь продемонстрировала низкий промысловый запас уже в объеме 7,1 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 2018–2022 гг. наблюдался существенный рост запаса, а в возрастной структуре стада доминировали рыбы 2014–2016 гг. рождения. Оценки вышеуказанных трех лет учета свидетельствуют о значительном увеличении ресурсов вида, а современная биомасса стада достигла уровня порядка 84–123 тыс. т. В последние 2 года учетные съемки показывают низкие оценки промысловой биомассы стада.

Запасы минтая у западных берегов о. 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 2023 г. прогнозного уровня 153,0 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. 6, 7).

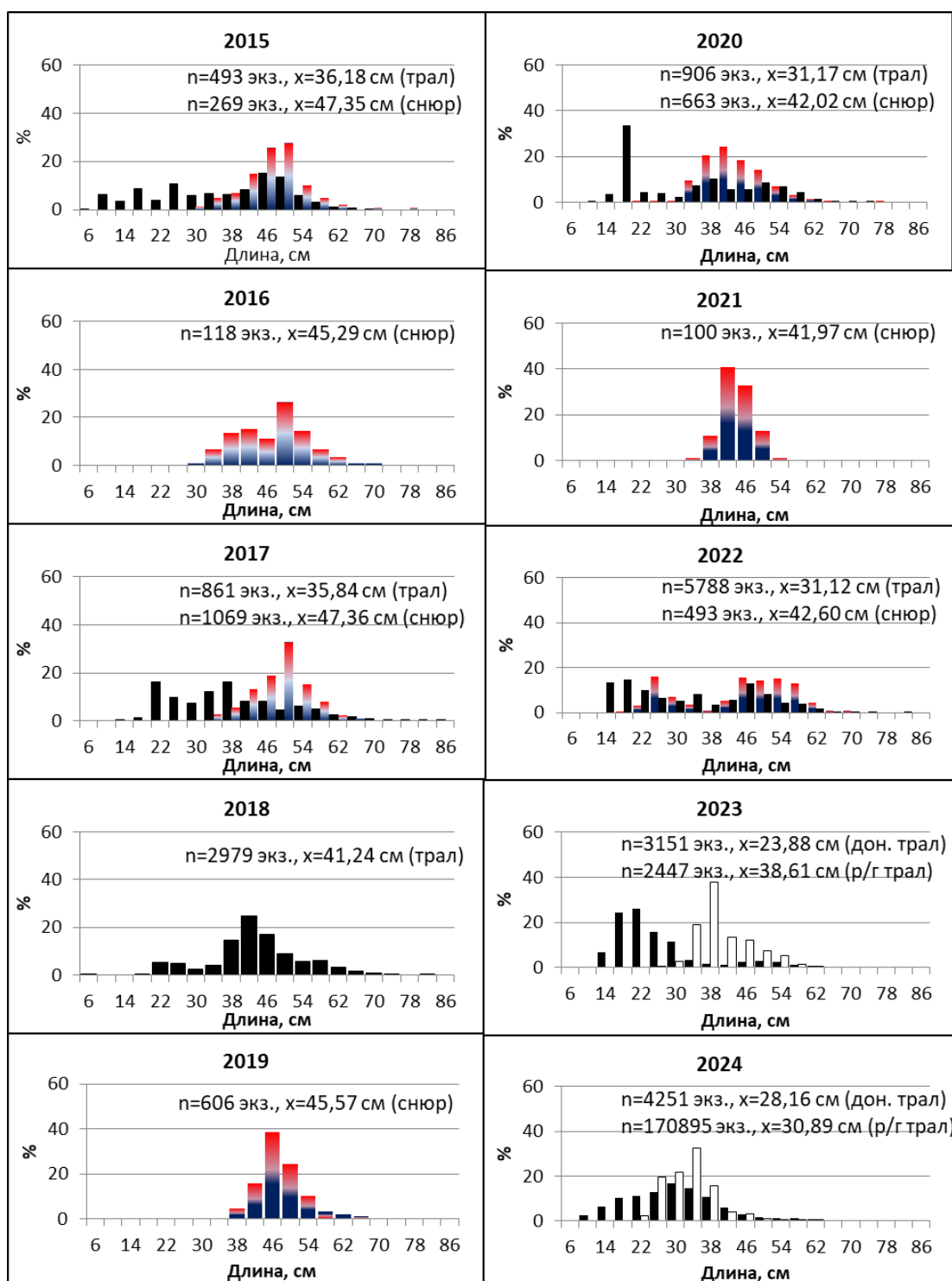


Рис. 6. Размерный состав минтая в Татарском проливе в 2015–2024 гг. (черные столбцы – траловая съемка, цветные – снюрреводный промысел)

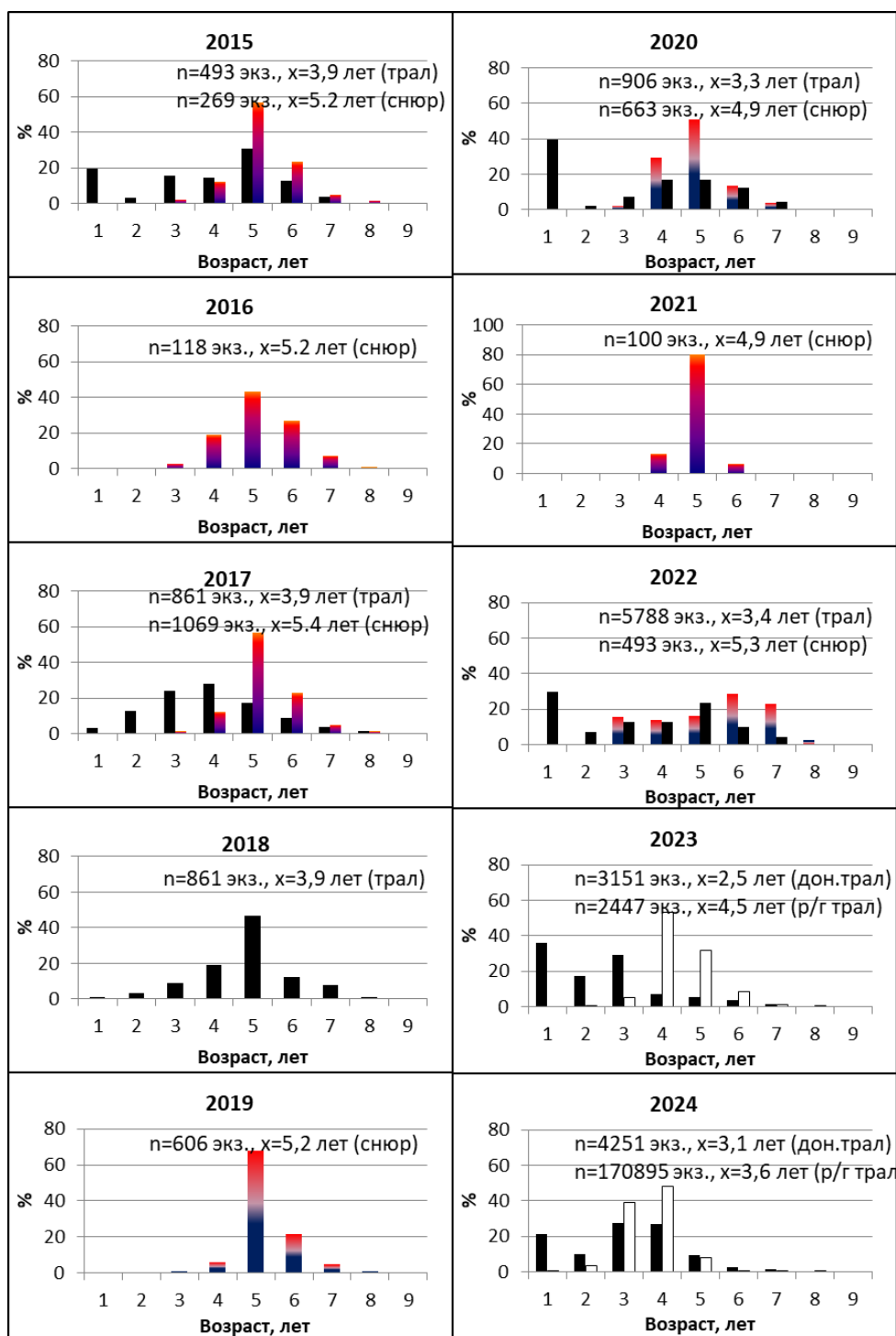


Рис. 7. Возрастной состав минтая в Татарском проливе в 2015–2024 гг. (черные столбцы – траловая съемка, цветные – снюрреводный промысел)

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. Информация 2015-2021 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.

В целом, поколения 2015-2016, 2019-2022 гг., доминирующее положение которых в структуре стада было отмечено в 2020–2024 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 2020-2022 гг. рождения.

Метод когортного анализа. 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 2024 гг.);
- среднемноголетние значения массы, 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.

Стандартизацию ССД с 2004 по 2024 гг. провели в GLM по формуле (1) в языке программирования R [R Core Team, 2025], следуя методике, учитывающей индивидуальные различия по судам в дополнение к учёту различий по годам и месяцам [Bentley et al., 2011].

$$\ln(c_i) = \alpha_{y_i}^Y + \alpha_{m_i}^M + \alpha_{v_i}^V + \varepsilon, \quad (1)$$

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 56,2% девианса, составленных из 24,9% по $\alpha_{y_i}^Y$, 3,4 % по $\alpha_{m_i}^M$ и 27,9 % 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 (2024) с учётом общего смещения ошибка достигла 0,93, что можно признать малоинформативной оценкой. Коды месяцев имели большое влияние на стандартизацию (рис. 8), но максимальное влияние в GLM имели коды судов (рис. 9).

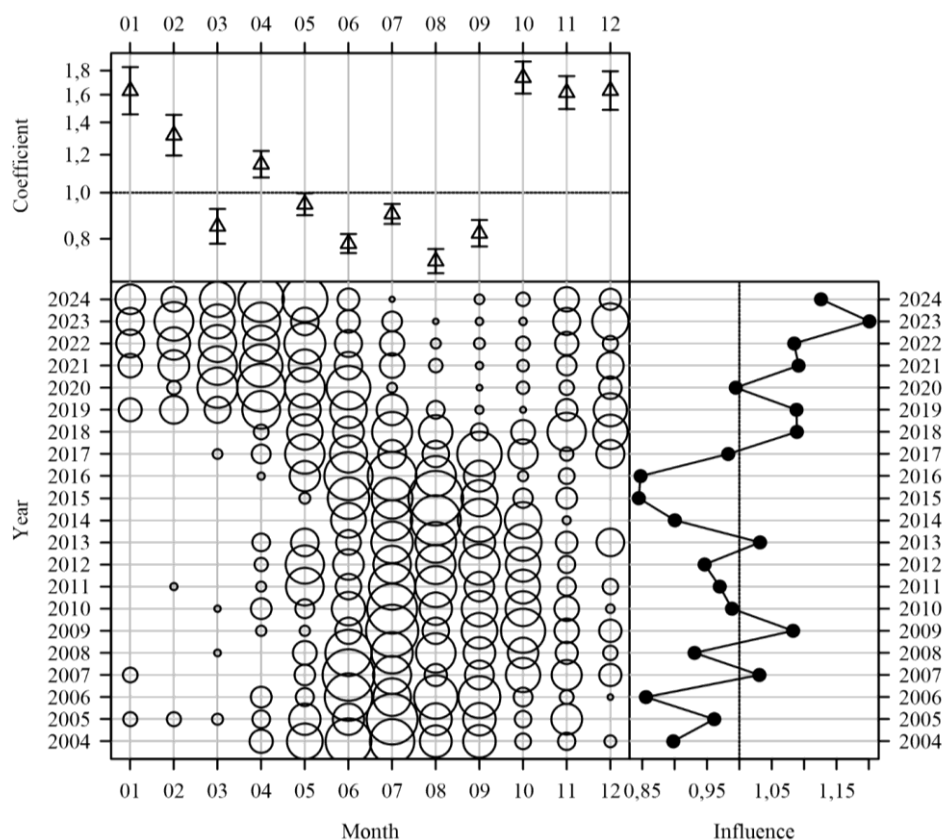


Рис. 8. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) месяцев (Month) в GLM по годам (Year)

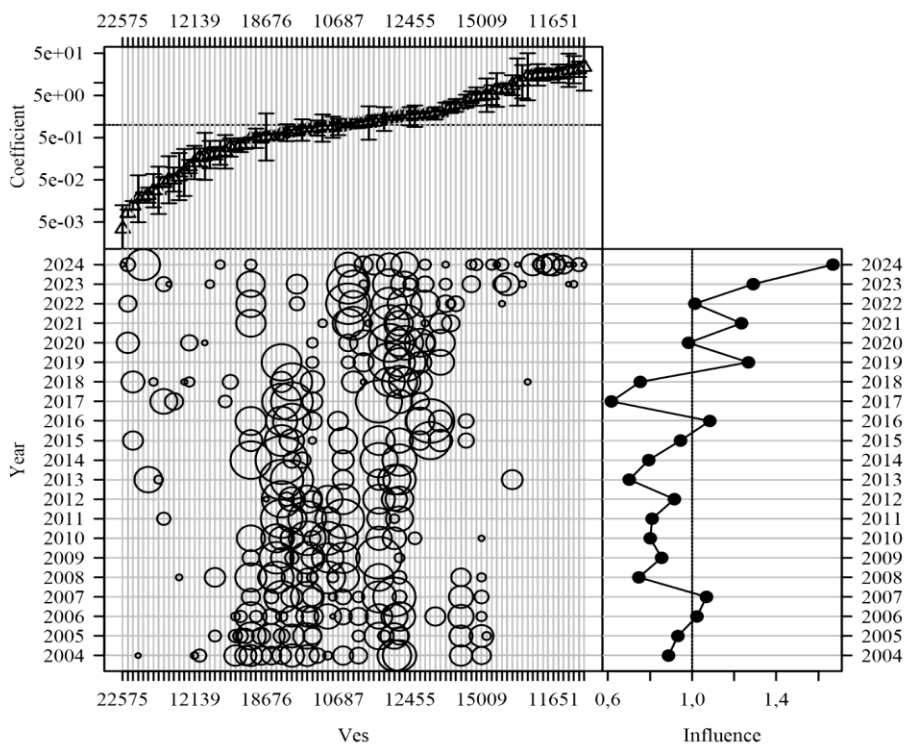


Рис. 9. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) кодов судов (Ves) в GLM по годам (Year)

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. 10).

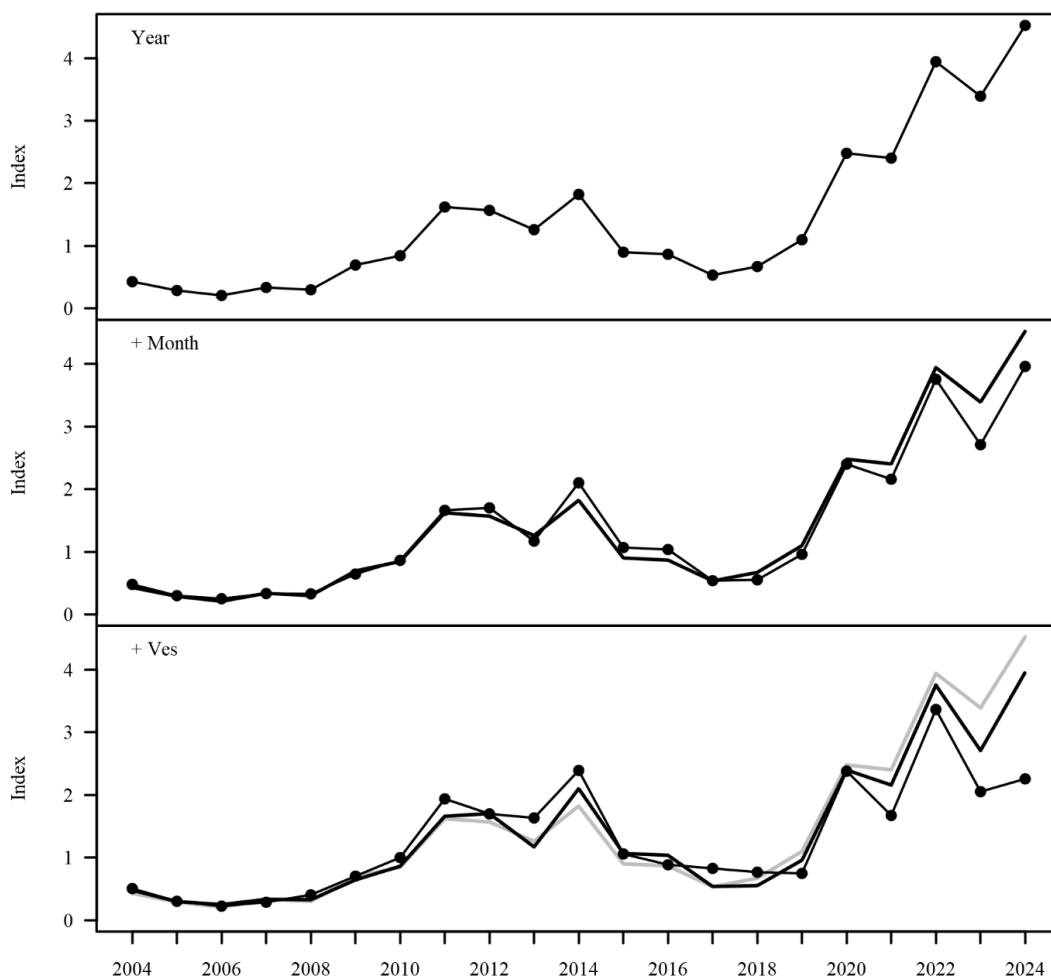


Рис. 10. Изменение оценок индексов (Index) по годам при добавлении таких факторов стандартизации как месяц (+ Month) и код судна (+Ves) в GLM

Стоит отметить, что корреляция с прежним индексом CPUE составила 0,695 (рис. 11). Это вызвано тем, что при подготовке данных для стандартизации по 2024 г. был удалён 1% экстремально высоких уловов (более 171 т/судосутки), а все остальные ССД оставлены. Например, есть ССД, в которых суточный улов минтая составил 1199,6 т, что явно является либо накопленным уловом за несколько суток, либо ошибкой подачи ССД. При подготовке данных по 2023 г. была произведена иная фильтрация: были выбраны уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа МКРТМ, МмРС, МмРСТ, МмРТР, РС, СРТМ, СТР в 2003–2023 гг., вооружённых снюрреводами, донными и разноглубинными тралами.

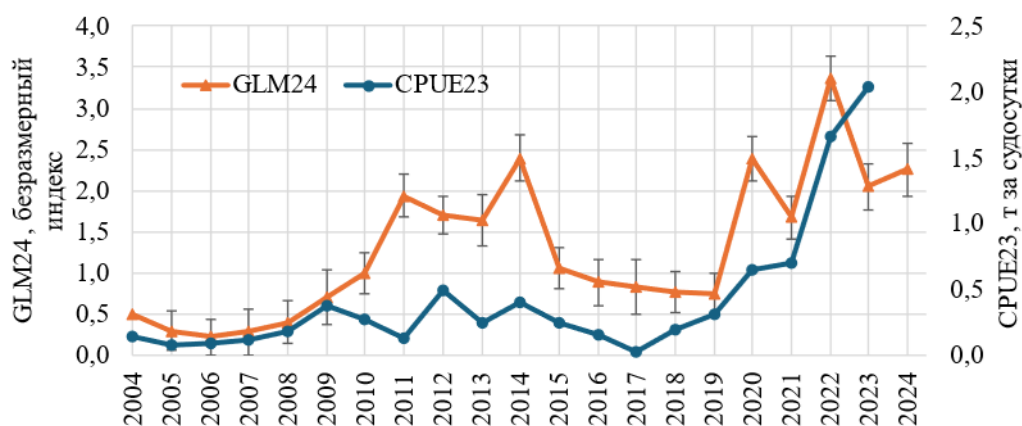


Рис. 11. Сравнение индексов CPUE по разным наборам данных до 2023 г. (CPUE23) и до 2024 г. (GLM24), с нормальным доверительным интервалом, показанным усами

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 требует проводить ретроспективный анализ – применение модельных расчетов с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, для доказательства устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности.

При последовательном укорачивании рядов наблюдений до 5 лет в прошлое был оценён показатель Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999] с 2019 по 2023 гг. относительно терминальной настройки (2024 г.). Значимые отклонения в динамике нерестовой биомассы, требующие упреждающей коррекции, не были обнаружены (рис. 12), но промысловая смертность F с учётом новых данных систематически значительно занижалась (рис. 13). Следовательно, требуется пересмотр ориентиров управления.

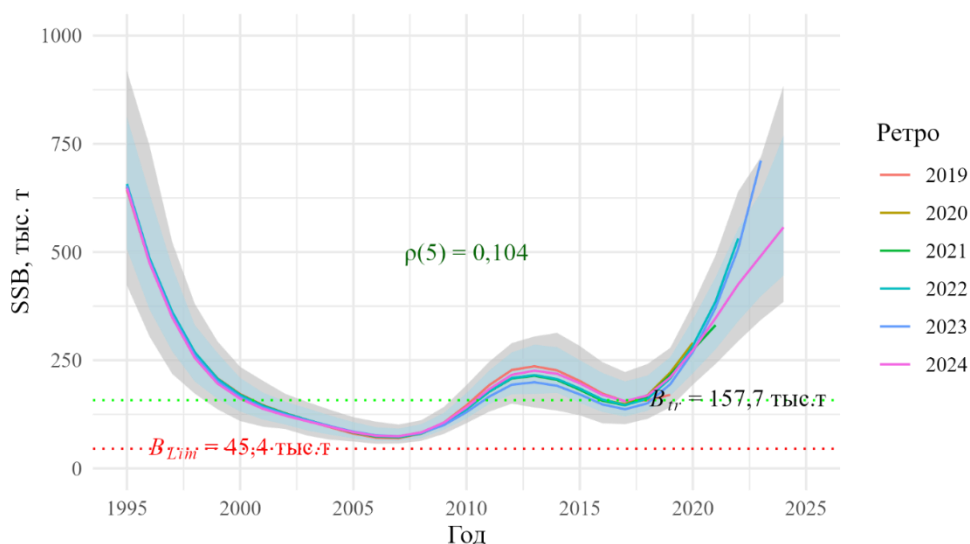


Рис. 12. Ретроспективный анализ нерестовой биомассы (SSB) в модели UKS для оценки состояния запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан доверительный интервал (С.И.) 95%, а синей С.И. 80% терминальной настройки (2024 г.)

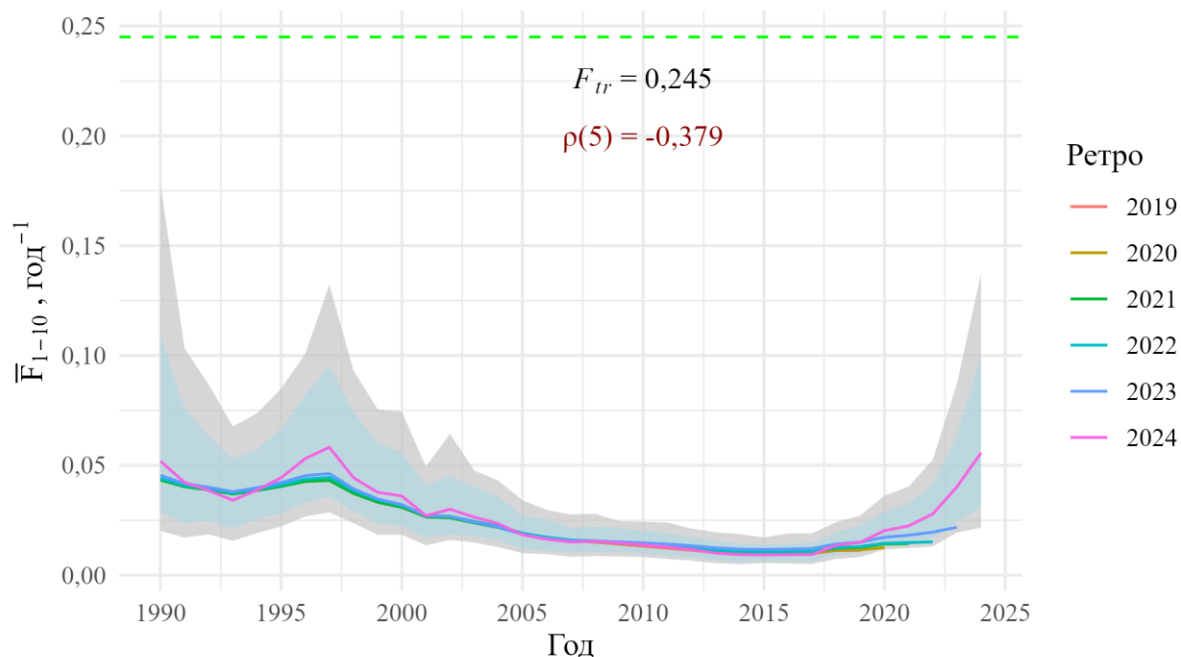


Рис. 13. Ретроспективный анализ промысловой смертности (F) в модели UKS для оценки состояния промысла или эксплуатации запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан С.И. 95%, а синей С.И. 80% терминальной настройки (2024 г.)

Терминальная настройка подошла к индексам также хорошо, как и по данным до 2023 г. (рис. 14).

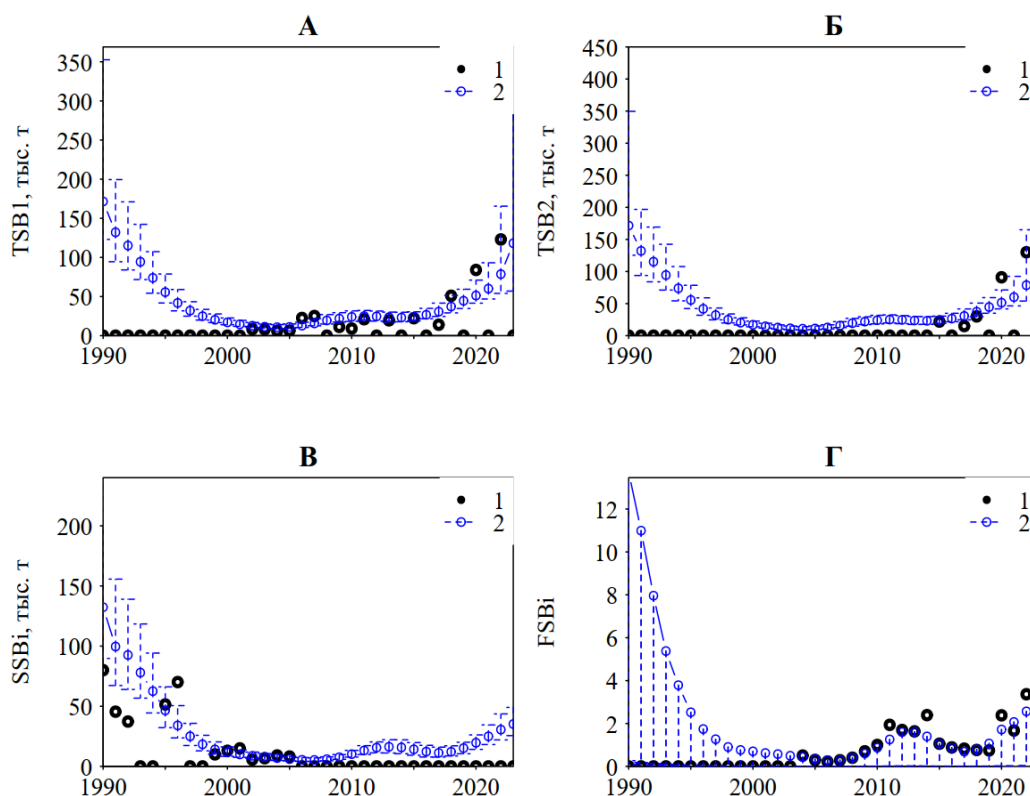


Рис. 14. Сравнение индексов (1) TSB из данных СахНИРО (А) и ТИНРО (Б), SSB (В) и FSB из GLM (Г) с модельными оценками UKS (2) с 90% доверительными интервалами

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве были определены по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (табл. 2).

Таблица 2

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров минтая в Западно-Сахалинской зоне

	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Среднее	SE
F_{MSY} (Рикер), 1/год	0,100	0,120	0,194	0,245	0,297	0,358	0,380	0,242	0,072
F_{MSY} (Бивертон-Холт), 1/год	0,009	0,049	0,223	0,410	0,836	2,000	2,000	0,790	0,673
$F_{45\%}$, 1/год	0,656	0,673	0,739	0,803	0,887	1,055	1,114	0,847	0,121
$F_{40\%}$, 1/год	0,778	0,803	0,892	0,980	1,099	1,331	1,437	1,046	0,175
F_{med} , 1/год	0,002	0,006	0,020	0,059	0,116	0,217	0,259	0,097	0,073
B_{loss} , тыс. т	55,5	56,9	64,1	69,2	75,3	82,2	86,2	69,9	8,1
$B_{20.Bvir}$	98,0	101,0	123,1	153,0	196,5	277,7	309,8	179,9	67,8
$B_{25.Bvir}$	102,1	107,8	131,1	160,0	202,9	277,7	321,7	186,2	68,5
B_{MSY} (Рикер)	105,5	113,0	138,5	157,7	175,2	204,7	218,0	158,9	29,1
B_{MSY} (Бивертон-Холт)	2,7	15,1	38,3	45,4	50,7	71,4	82,1	43,8	28,8
$SSB(F_{med})$, тыс. т	360,2	369,6	464,9	580,1	716,3	1014,1	1115,0	660,0	193,3

Из числа указанных ориентиров в качестве целевого ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали 50%-ый процентиль оценки F_{MSY} по Рикеру = 0,245 1/год.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали 50%-ый процентиль оценки F_{MSY} по Бивертону-Холту = $F_{Lim} = 0,410$ 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе приняли значение, соответствующее целевому ориентиру $B_{tr} = SSB(F_{tr}) = 157,7$ тыс. т на кривой равновесной биомассы на рекрута при средней за 10 лет величине пополнения 2013-2022 гг., т.е. без учёта последних 2 лет, когда пополнение имеет высочайшую ошибку (рис. 15). Граничный ориентир по нерестовой биомассе определили на уровне $SSB(F_{Lim}) = B_{Lim} = 45,4$ тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ППП) определяется с целью эксплуатации запаса в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла.

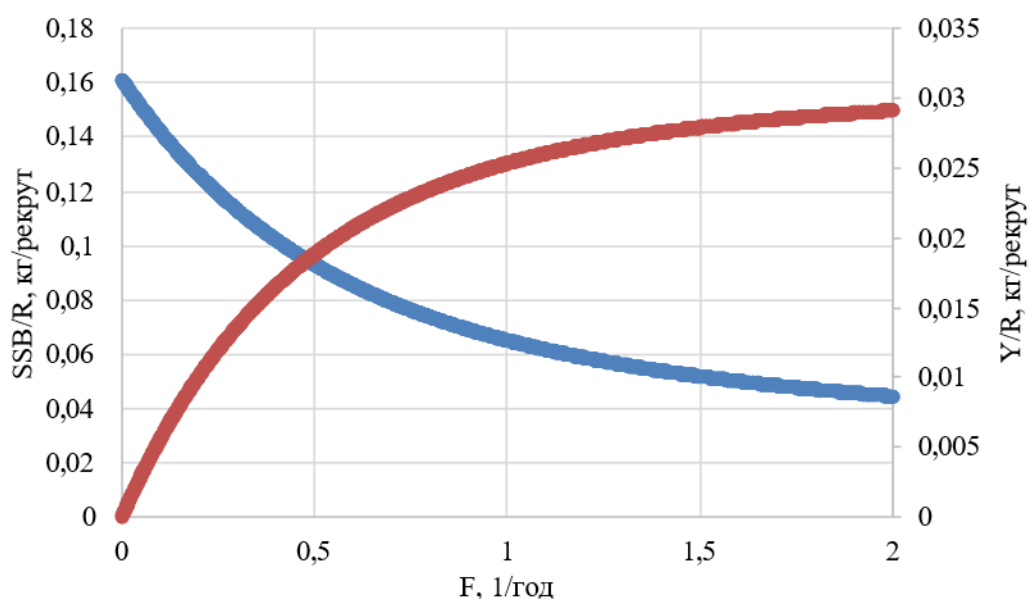


Рис. 15. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

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 – $F_i = F_{tr} = \text{const}$, 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 UKS, который показал, что выбранные целевые уровни F имеют нулевые риски перелома по пополнению.

Прогнозирование состояния запаса

Даже при вылове в 2025 г. 50 тыс. т, уровень F будет ниже F_{tr} (рис. 16), а последующая эксплуатация согласно ПРП не приведёт к перелому по пополнению, а вероятность $SSB < B_{tr}$ равна 0,6% в 2027 и 2028 гг. (рис. 17).

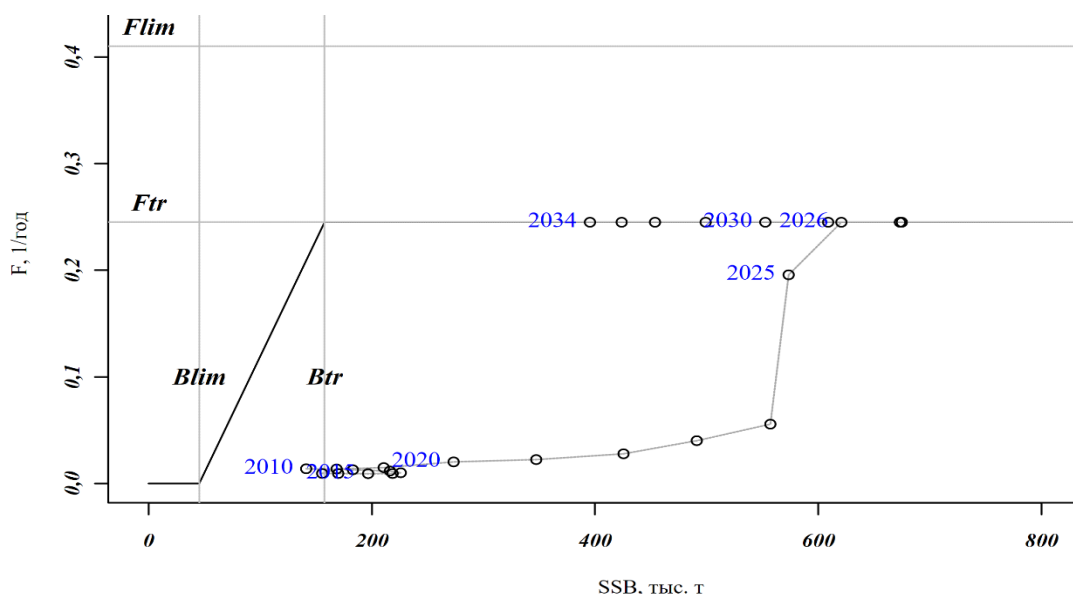


Рис. 16. Реализация ПРП при вылове в 2025 г. 50 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне, где SSB соответствует 25% вероятностной оценки

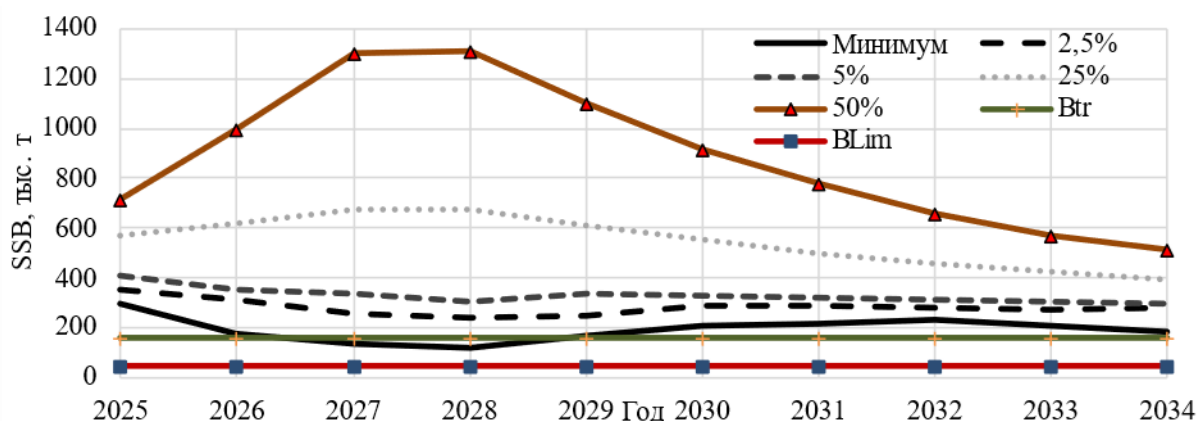


Рис. 17. Прогноз процентилей SSB в UKS при вылове в 2025 г. 50 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне

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 ($n=1000$) 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 2025 г. соответствует предполагаемому улову, равному 50 тыс. т. Коэффициенты

селективности — средние за последние 10 лет значения. В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность двухгодовиков, не включая последние 2 года, т.е. за период 2013-2022 гг., равную 3,243 млрд экз.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы представлены в таблице 3. На начало 2025 г. медианная оценка нерестового запаса составила 718 тыс. т, а на начало 2026 г. — 992 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 2024 г. (рис. 18) и прогноза с пиками SSB в 2027-2028 гг.

Таблица 3

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) в 2025–2026 гг. и возможного вылова (C) минтая в 2026 г. при улове 50 тыс. т в 2025 г.

	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Средний	SE
SSB(2025), тыс. т	355	408	573	718	981	1568	1766	910	541
SSB(2026), тыс. т	313	350	621	992	1754	3892	4956	1840	2663
C(2026), тыс. т	20,4	22,9	53,1	98,9	182,9	387,9	508,6	182,1	174,5

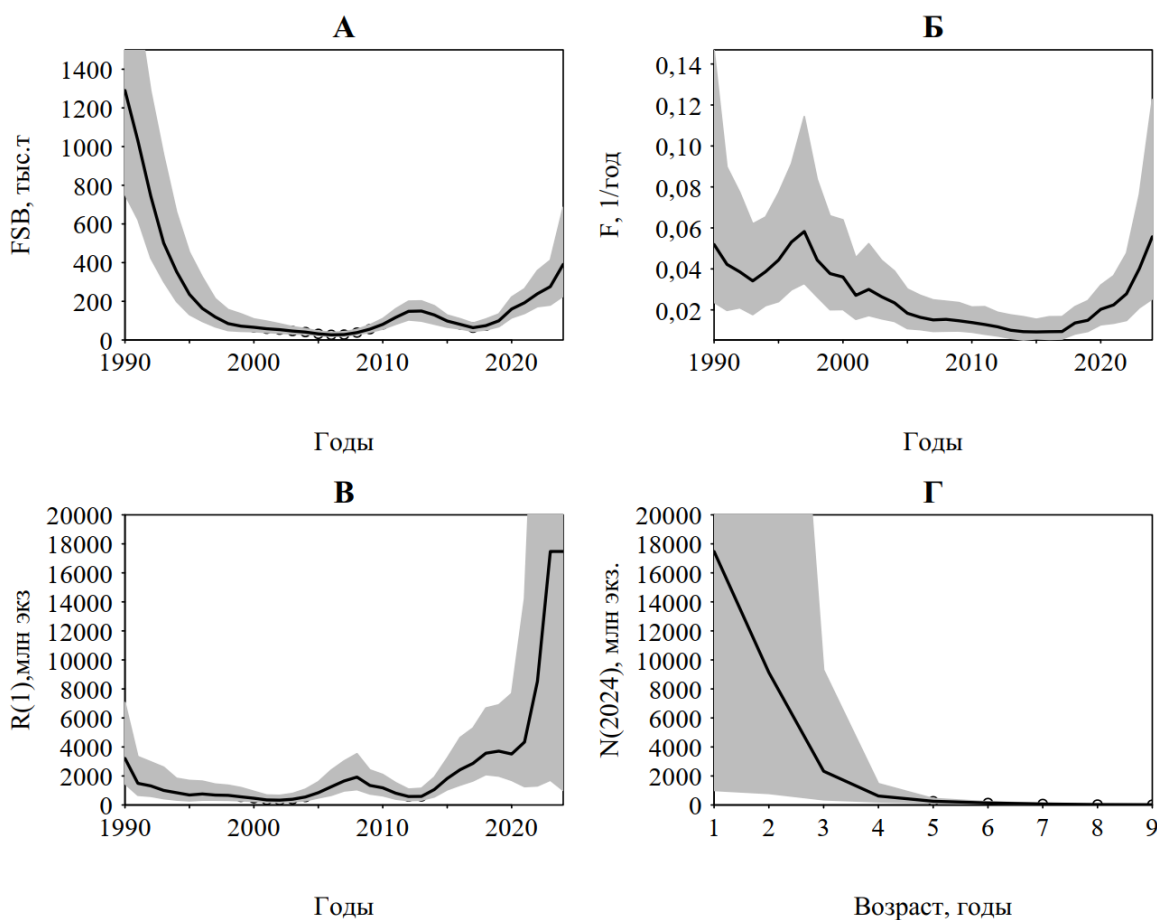


Рис. 18. Динамика промыслового запаса FSB (А), промысловой смертности F (Б), пополнения рыб в возрасте 1 год R (В) и терминальной численности N (Г) в UKS

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Оценки нерестовой биомассы на начало 2025 г. соответствуют области эксплуатации восстановленного запаса. Согласно ПРП, рекомендуемое значение коэффициента промысловой смертности в 2025 г. составит $0,245 \text{ год}^{-1}$.

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом:

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

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

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

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

Согласно точечному расчёту, оценка ОДУ в 2025 г. может составить 61,8 тыс. т. Однако, принимая во внимание, что на оценку сильно повлияло аномально высокое пополнение последних 2 лет рекомендуем скорректировать ОДУ в сторону повышения не до 61,8 тыс. т по ПРП, а до 50 тыс. т, что примерно соответствовало медиане оценки расчёта без данных 2024 г. (рис. 19).

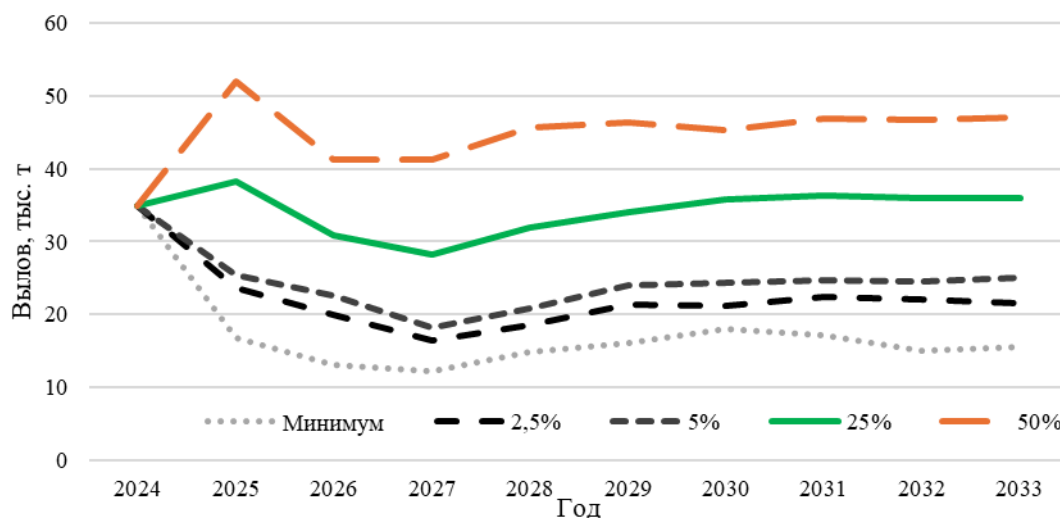


Рис. 19. Прогноз вероятного распределения уловов по ПРП в UKS по данным до 2024 г.

Таким образом, **ОДУ** минтая в Западно-Сахалинской подзоне на **2025 г. увеличится на 10,000 тыс. т и составит 50,000 тыс. т (с 40,000 до 50,000 тыс. т).**

Следование ПРП в UKS позволит сохранить положительную тенденцию по увеличению ОДУ до 2028 г. (рис. 20).

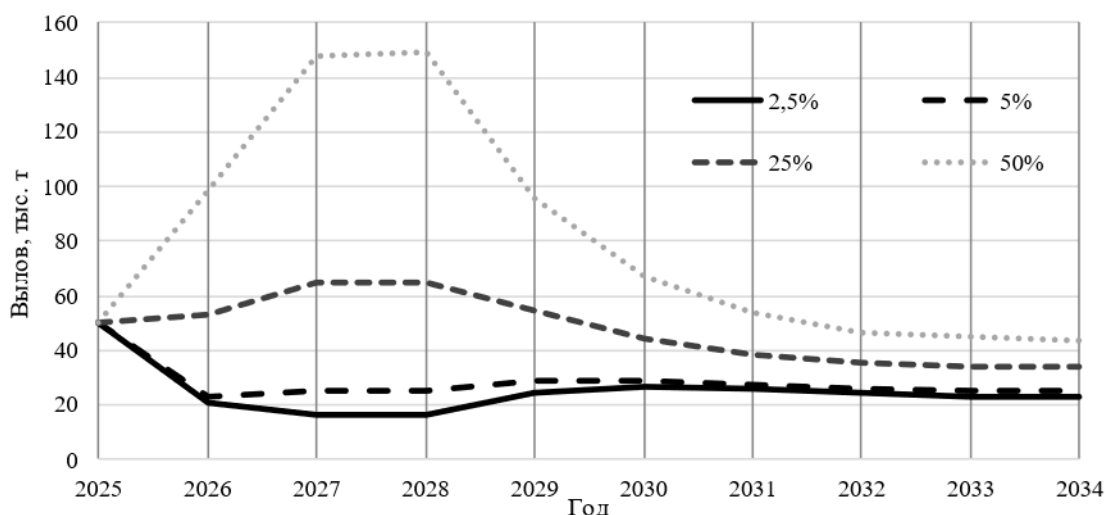


Рис. 20. Прогноз вероятного распределения уловов по ПРП в UKS, допуская вылов в 2025 г. с учётом вероятной корректировки ОДУ до 50 тыс. т

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. 21). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000]. Следовательно, стратегия управления приемлема.

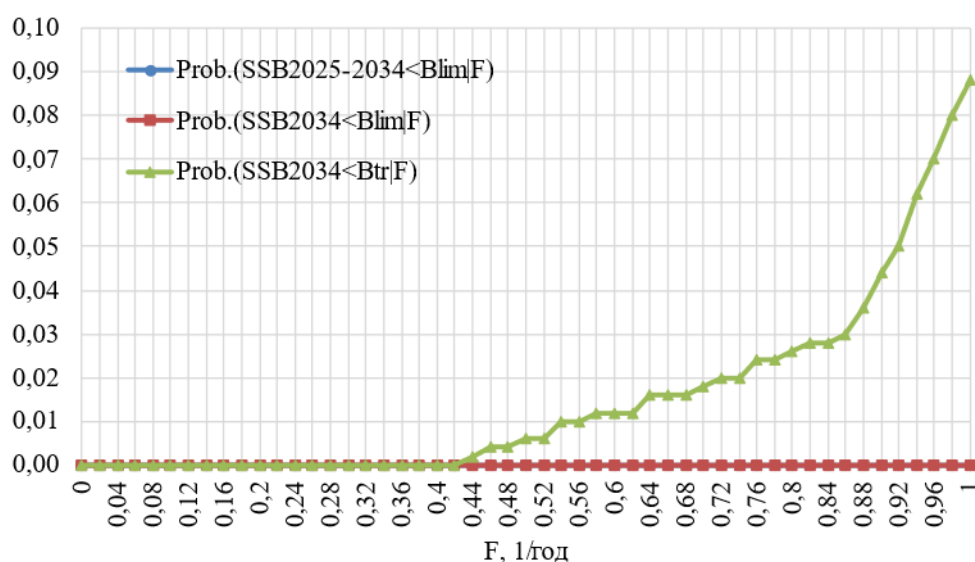


Рис. 21. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

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: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению и по росту при рекомендуемой величине ОДУ минтая 50 тыс. т, не превышают рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000] (рис. 22).

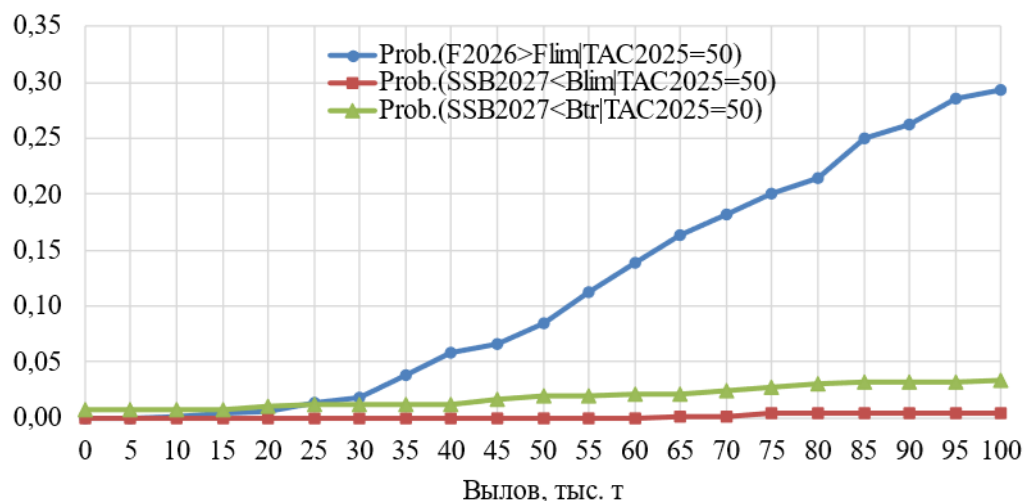


Рис. 22. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для минтая

Несмотря на то, что максимальные ошибки модели UKS наблюдаются в самых младших возрастных группах до 3 лет и их сцепленности во времени (рис. 23), в целом высоких сблокированных ошибок в промысловом запасе не наблюдается (рис. 24).

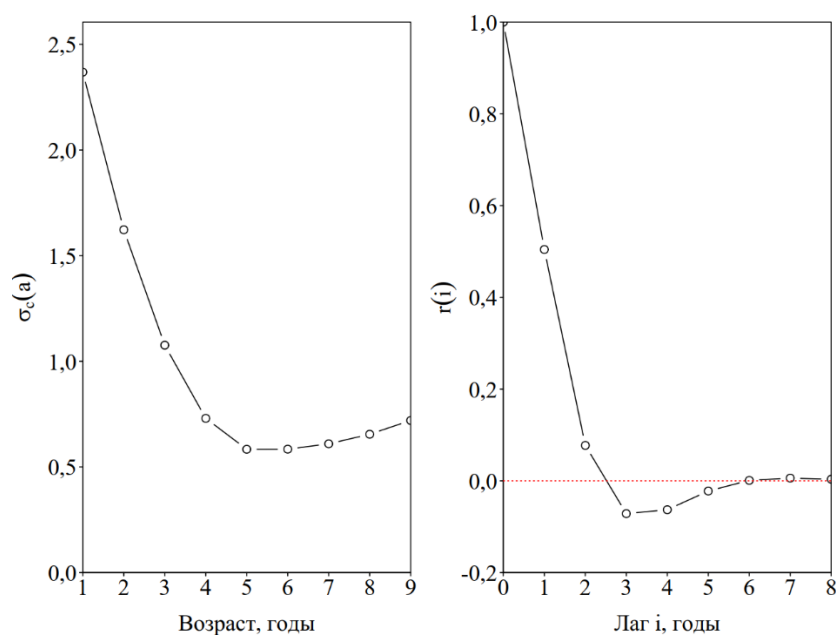


Рис. 23. Изменение стандартного отклонения ошибки наблюдения в уловах в зависимости от возраста рыб (слева) и автокорреляция AR2 (справа)

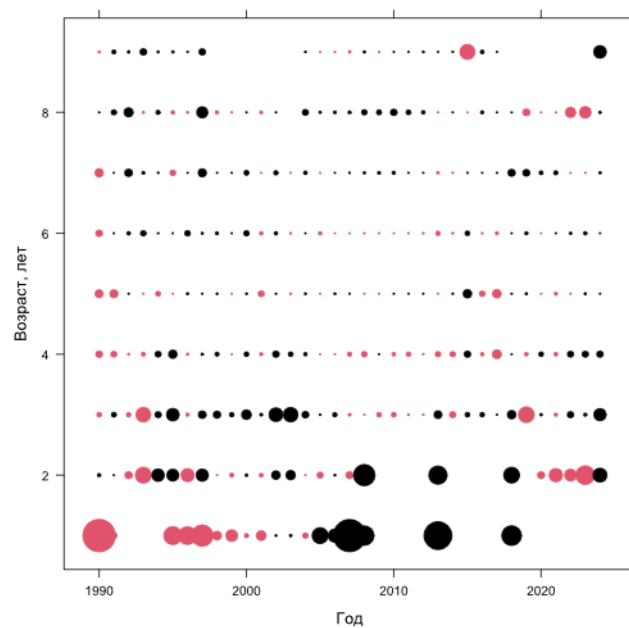


Рис. 24. Логарифмические невязки в UKS

Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки ОДУ показали, что прогнозная величина ОДУ приемлема.

КАМБАЛЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ (виды родов *Lepidopsetta*, *Clidoderma*, *Cleisthenes*, *Eopsetta*, *Hippoglossoides*, *Microstomus*, *Kareius*, *Glyptocephalus*, *Limanda*, *Platichthys*, *Pleuronectes*, *Acanthopsetta*, *Mysopsetta*, *Liopsetta*)

61.05 - Зона Охотское море

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона

Исполнитель: А.О. Золотов («ТИНРО»)

Куратор: А.А. Смирнов (ФГБНУ «ВНИРО»)

Предпосылки для разработки материалов, обосновывающих корректировку общего допустимого улова (ОДУ) камбал дальневосточных Восточно-Сахалинской подзоны на 2025 г.

Принятая в настоящий момент схема подготовки обоснования ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны была разработана в 2013-2014 гг. Исторически промысел камбал, с разной степенью интенсивности, осуществлялся в трех районах восточного Сахалина: в заливах Анива и Терпения, а также у северо-восточного побережья острова. Однако к началу 2000-х гг., в связи со значительными организационными изменениями в рыбодобывающей отрасли, а также в нормативно-правовых документах, регулирующих промысел, промышленное рыболовство в его традиционной форме сохранилось только в зал. Терпения [Золотов и др., 2014]. Здесь в настоящий момент осуществляет лов камбал большинство собственников долей ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны.

Небольшие ресурсы камбал в зал. Анива в настоящий момент представляют интерес только в плане организации любительского рыболовства. Напротив, довольно значительные запасы звездчатой, желтоперой и палтусовидной камбал северо-восточного побережья Сахалина, в силу определенных причин, промыслом не охвачены. Поэтому в 2014 г. было принято решение не включать допустимые объемы изъятия в этих двух районах в общую величину ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны, поскольку эти дополнительные объемы все равно изымались бы в зал. Терпения, увеличивая промысловую нагрузку на обитающую здесь популяцию желтоперой камбалы.

Залив Терпения, наряду с юго-западным шельфом о. Сахалин, в настоящий момент, остается традиционным районом прибрежного промысла, а одним из основных промысловых объектов в заливе в настоящее время остаётся желтопёрая камбала *Limanda aspera* Pallas (1810), популяция которой считается одной из крупнейших в дальневосточных морях России. Несмотря на то, что запасы камбал в зал. Анива и у северо-восточной оконечности острова также имеют промысловое значение, основную нагрузку несет на себе именно данная группировка желтоперой камбалы, где

ее среднемноголетняя доля в промысловых уловах в 1950–1990-е гг. оценивалась на уровне близком к 90% [Власова и др., 1971].

В силу высокой промысловой значимости, мониторингу состояния данной популяции и разработке принципов регулирования ее промысла уделялось повышенное внимание на всех исторических этапах исследований [Фадеев, 1963; Власова и др., 1971; Тарасюк, 1997]. В работе А.О. Золотова с соавторами [2014] были обобщены результаты многолетних исследований динамики промысла и запасов этой группировки. В частности, было показано, что в 2000-2010-е гг. уровень промысловых ресурсов, в целом, был невысоким, а среднегодовой вылов за данный период составлял около 2,6 тыс. т.

В целом, с того периода уровень допустимого изъятия камбал зал. Терпения и вылова мало изменился (табл. 1), в среднем в 2015-2023 гг. к изъятию рекомендовалось 2,45 тыс. т, вылов составлял около 2,27 тыс. т, а освоение было очень высоким и достигало 92,9% в год.

Таблица 1

**ОДУ, вылов и % освоения камбал Восточно-Сахалинской подзоне в 2015-2023 гг.,
тыс. т**

Год	ОДУ	Вылов	Освоение
2015	2,30	1,90	82,6
2016	2,35	1,99	84,7
2017	2,54	2,34	92,1
2018	2,20	2,14	97,3
2019	2,20	2,12	96,4
2020	2,45	2,35	95,9
2021	2,60	2,40	92,3
2022	2,69	2,62	97,4
2023	2,69	2,60	96,7
Среднее:	2,45	2,27	92,7

С другой стороны, в последние несколько лет, по устным сообщениям капитанов судов, осуществляющих промысел желтоперой камбалы в данном районе, наблюдается явный рост уловов на усилие и увеличение доли крупноразмерных особей в снюрреводных уловах. Учитывая, что в целом, информация о снюрреводном промысле в зал. Терпения довольно ограничена, специалистами Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» было принято решение об организации здесь в летний период 2024 г. мониторинговой снюрреводной съемки, в первую очередь, для выяснения особенностей распределения и состояния промысловых ресурсов промысловых видов камбал данного района. Работы выполнялись совместно с ООО «Рыбак».

Результаты снюрреводной съёмки более подробно изложены в соответствующем разделе обоснования, но, если коротко их обобщить, то следует отметить, что общая биомасса желтоперой камбалы зал. Терпения в летний (нерестовый) период была оценена на уровне 36,8 тыс. т,

промысловая - 34,8 тыс. т, нерестовая – 34,0 тыс. т. Ее доля от общей массы снюрреводных уловов достигала 96,8% с учетом представителей всех других семейств, и до 97,8% - от биомассы всех промысловых видов камбал данного района. Последний раз сходная ситуация наблюдалась в период высокого уровня запаса в 1950-х гг., когда запасы желтоперой камбалы находились на историческом максимуме [Власова и др., 1971].

Косвенным подтверждением высокого текущего уровня запаса являются данные по уловам на усилие в 2023-2024 гг. (суточный вылов камбал для судов класса МРС-225), собранные на заводе РК «Дружба». В 2023-2024 гг. средняя величина улова на усилие для судов ООО «Рыбак» оценивалась величиной 13,4-14,7 т. Данный показатель превышал уровень максимальных значений в середине 1990-х гг., когда после десятилетнего запрета промысел камбал был возобновлен, и был приближенно в 1,5-1,8 раза выше оценок уловов на усилие в 2010-2015 гг.

Предварительные оценки промысловой биомассы когортными методами также свидетельствуют о том, что уровень ресурсов желтоперой камбалы, по сравнению с серединой 2010-х гг. заметно вырос. Полученные в ходе снюрреводной съемки в июле 2024 г. минимальные величины промысловой биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения в целом близки к высокому уровню запасов, наблюдавшемуся в 1950-е гг. При вариациях общепринятых оценок целевого ориентира управления по нерестовой биомассе для данной популяции в пределах 29,2-32,2 тыс. т, можно с высокой степенью вероятности предполагать, что в настоящий момент ее уровень превышает данный ориентир, что позволяет эксплуатировать запас с максимально возможной интенсивностью.

В настоящий момент оценки величины максимально допустимого годового изъятия из промыслового запаса для данной популяции оцениваются разными специалистами на уровне от 18,9% до 24,4%, что, применительно к полученным в ходе снюрреводной съемки результатам, в единицах общего допустимого улова (ОДУ) могло бы составлять от 6,62 до 8,54 тыс. т.

Таким образом, имеются основания для корректировки в сторону увеличения величины ОДУ камбал дальневосточных Восточно-Сахалинской подзоны на 2025 г., установленной ранее на уровне 2,632 тыс. т.

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки запасов желтоперой камбалы *Limanda aspera* зал. Терпения в работе использован ряд архивных и литературных данных по размерному составу промысловых уловов в течение раннего периода их промысла [Фадеев, 1963; Власова и др., 1971; Тарасюк, 1997, Золотов и др., 2014], а за период с 1995-2024 гг. на основе материалов, собранных специалистами научно-исследовательских институтов, подведомственных Росрыболовству, из уловов промысловых и научно-исследовательских судов.

Информация по вылову и динамике уловов на усилия в 2003–2024 гг. приводится по данным судовых суточных донесений ССД и промысловой

статистики, по данным Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) Росрыболовства (ранее – информационная система «Рыболовство»). Динамика промысла за более ранние периоды реконструирована на основе опубликованных и архивных материалов [Фадеев, 1963; Власова и др., 1971; Тарасюк, 1997; Золотов и др., 2014].

В 1980–1988 гг. действовал запрет на специализированный промысел камбал зал. Терпения, на этот период расчет уловов по возрастам выполнен исходя из предположения, что прилов желтоперой камбалы при других видах промысла не превышал 30 т в год. Возрастной состав в этот период определяли как среднее за годы, смежные с периодом запрета.

Возраст желтоперой камбалы определяли по отолитам, отобранным в 2011–2024 гг., в период проведения научно-промысловых рейсов. Возрастной состав за более ранние годы промысла пересчитан с помощью размерно-возрастных ключей [Золотов, 2024, в печати].

Для сравнения оценок запаса желтоперой камбалы, привлечены материалы семи донных траловых съемок в зал. Терпения научно-исследовательских судах подведомственных Росрыболовству в 2000, 2002, 2004, 2010–2012, 2015, 2020, 2024 гг. Исследования выполняли донными травами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 20–23 м. Коэффициент уловистости для камбал принят равным 0,5 [Борец, 1997]. Пример сетки станций при организации таких исследований представлен на рисунке 1.

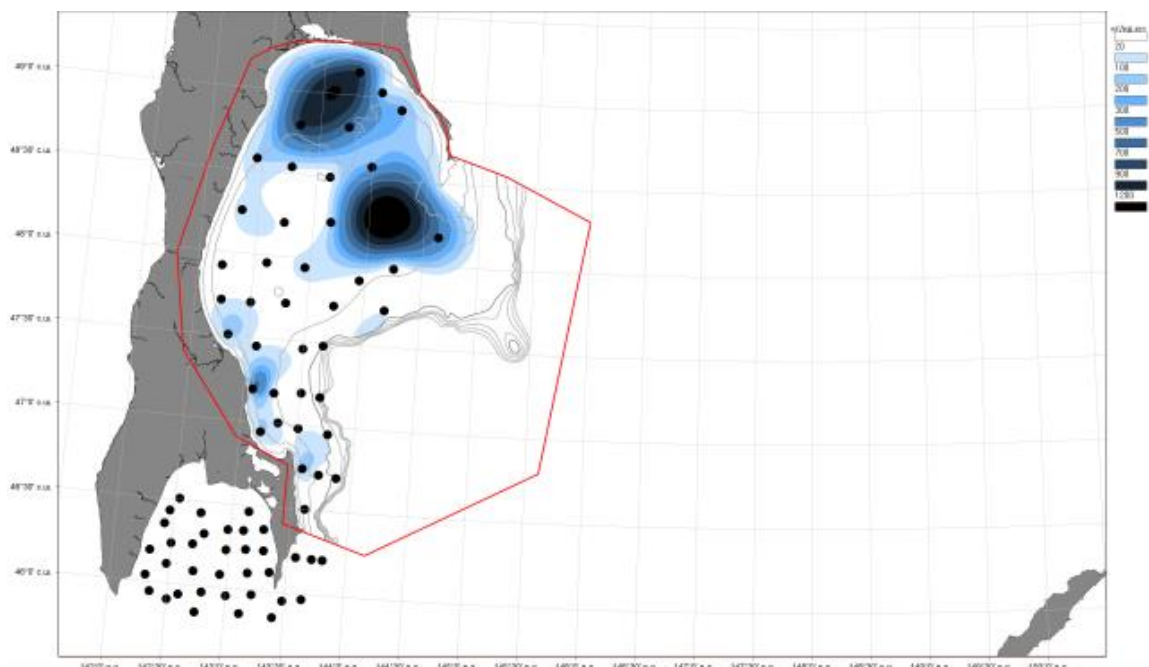


Рис.1. Схема станций донной траловой съемки в октябре-ноябре 2024 г. на НИС «Владимир Сафонов». Дополнительно приведено распределение биомассы желтоперой камбалы в зал. Терпения

Траловые съемки, как правило, проводились в летне-осенний период, для того, чтобы оценки биомассы по ним были сопоставимы с оценками по ВПА, данные расчетов по съемкам были приведены к 1 января года исследований, с учетом промысла и естественной убыли до даты проведения учетных работ.

Для подготовки обоснования использованы результаты снюрреводной съемки в зал. Терпения в июле 2024 г. Снюрреводные съемки, наряду с траловыми, являются одним из площадных методов оценки запасов промысловых рыб [Кондрашенков, 2008; Терентьев, Чернова, 2010; Терентьев, 2011; Золотов и др., 2012; Терентьев, Малых, 2012; Ким, Измятинский, 2018], хотя, к настоящему моменту, широкого распространения эти исследования в Дальневосточном бассейне не получили.

Причины, видимо, кроются в слабой теоретической обусловленности коэффициентов уловистости гидробионтов и значительной ограниченности снюрреводов при работе на сложных, задевиных грунтах. Кроме того, сбивка урезов, буксировка и выборка снюрревода осуществляется на существенно меньших скоростях, чем при донных тралениях, что может позволять части рыб покидать зону облова и избегать учета, что несколько затрудняет интерпретацию полученных результатов. Тем не менее, каких-либо видимых методических ограничений для использования снюрреводных съемок при оценке состояния запасов ВБР нет.

Снюрреводная съемка была выполнена в период с 12 по 22 июля 2024 г. Расположение контрольных станций приведено на схеме распределения общей биомассы желтоперой камбалы по району исследований (рис. 2). В целом было выполнено 17 станций снюрреводной съемки.

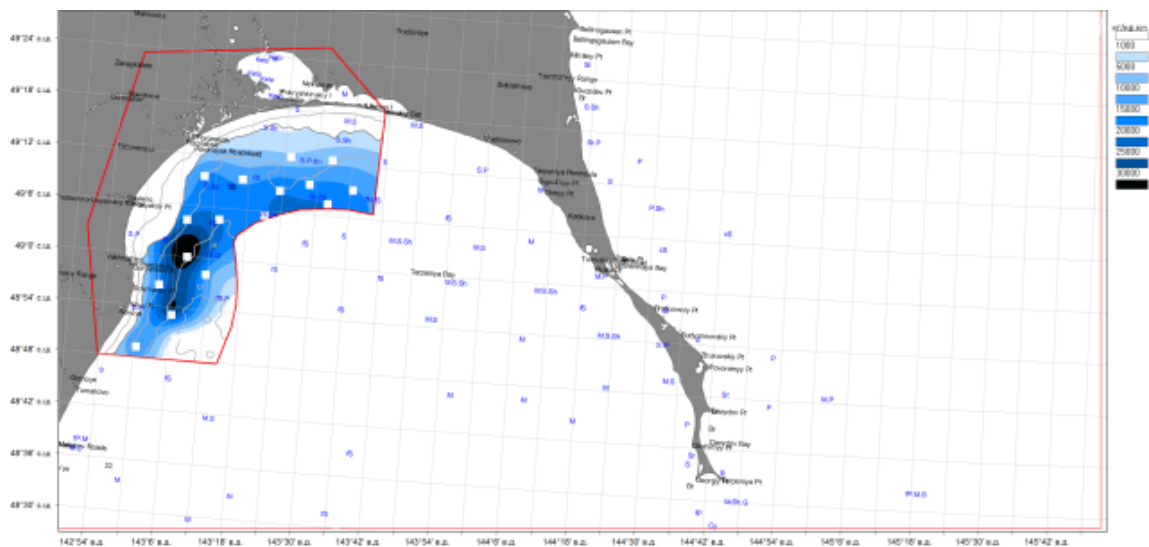


Рис.2. Схема станций снюрреводной съемки в июле 2024 г. на МРС-225-380. Дополнительно приведено распределение биомассы желтоперой камбалы в зал.Терпения

Исследования осуществляли на борту МРС №225-380. Лов осуществляли тресково-камбальным снюрреводом с длиной урезов по 1100 м и сетной части – 80 м. Разбор уловов, и определение видового состава уловов осуществлялось по стандартным ихтиологическим методикам, используемым при проведении донных траловых съемок [Борец, 1997]. В целом, в ходе работ было выполнено 17 контрольных станций снюрреводной съемки.

Расчетную часть исследований, связанную с оценкой учтенной биомассы объектов снюрреводного промысла и построение схем их распределения по району исследований, осуществляли с использованием ГИС «Картмастер» [Бизиков и др., 2007], на основе подходов, применяемых ранее при сравнительном количественном анализе результатов снюрреводных и траловых съемок у западного побережья Камчатки [Золотов и др., 2012].

Для оценки плотности рыб, учтенных в ходе снюрреводной съемки, обловленную при замете площадь оценивали, исходя из предположения, что облов скоплений происходит только в момент обмета участка дна, т.е. после начала сбивки урезов и буксировки снюрревода рыба не улавливается. Чтобы получить минимальные оценки учтенной численности и биомассы, необходимо исходить из предположения, что площадь обметанного участка дна была наибольшей. Максимально возможная обметанная площадь, в этом случае, будет равна площади круга, с длиной окружности, равной суммарной длине урезов снюрревода и его сетной части. В нашем случае, при длине урезов по 1,1 км и сетной части 0,08 км, искомый участок дна оценивается величиной 0,414 км².

Обсуждение используемых при оценке общего и промыслового запаса желтоперой камбалы коэффициентов уловистости снюрревода представлено в разделе, посвященному анализу динамики запасов.

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 желтоперой камбалы зал. Терпения с помощью аналитических моделей, и проводить их 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], определить ОДУ и оценить риски для запаса при использовании выбранной стратегии его эксплуатации.

Расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса желтопёррой камбалы, по данным промысловой статистики и размерно-возрастного состава траловых и снюрреводных уловов выполнены методом виртуально-популяционного анализа (ВПА) с помощью программного пакета «VPA version 3.1» [Darby, Flatman, 1994].

Зависящие от возраста мгновенные коэффициенты естественной смертности определяли методом Тюрина [Тюрин, 1972]. Кроме того, для сравнения, в обосновании приведены результаты оценки численности и биомассы желтоперой камбалы с использованием модели «Синтез» [Ильин и др., 2014].

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].

Окончательная откорректированная величина ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны на 2025 г., с учетом «второстепенных» видов, добывающихся в основном в прилове к желтоперой, определена с учетом долевого соотношения камбал в уловах, рассчитанного по результатам снюрреводной съемки в июле 2024 г.

Таким образом, согласно критериям, определенным приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 информационная обеспеченность материалов, обосновывающих корректировку ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны, соответствует I уровню.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Основу общего и промыслового запаса камбал зал. Терпения составляет желтоперая лиманда, доля которой в уловах в разные периоды изменялась от 40 до 90% [Тарасюк, 1997], поэтому, при оценке запасов, представляется целесообразным определять биомассу именно этого вида, с последующей корректировкой полученных результатов с учетом доли желтоперой камбалы в промысловых снюрреводных уловах.

Методы прямого учета. Траловые съёмки. Для основного промыслового вида – желтоперой камбалы летние месяцы являются периодом размножения, причем пик нереста приходится на июль [Перцева-Остроумова, 1961; Фадеев, 2005]. Размножение у желтоперой камбалы порционное и происходит на небольших глубинах, икра пелагическая. За нерест самка выметывает от 4 до 9 порций [Nichol, Asuna, 2001], а в перерывах между их выметом половозрелые особи продолжают оставаться в районе нереста.

Таким образом, наиболее благоприятное время для оценки запасов желтоперой камбалы методами прямого учета – с июня по август, когда ее особи сконцентрированы в крупные преднерестовые и нерестовые скопления.

По результатам донных траловых съемок в 2000-2024 гг., выполненных в зал. Терпения, можно заключить, что основные скопления

желтоперой камбалы в летний период были приурочены к его северной части (рис. 3). В 2000-2012 гг. ее уловы были представлены особями длиной от 16 до 46 см при средних размерах 24–27 см. Доминировали рыбы длиной от 20 до 30 см на долю которых в среднем приходилось от 60 до 75% по численности.

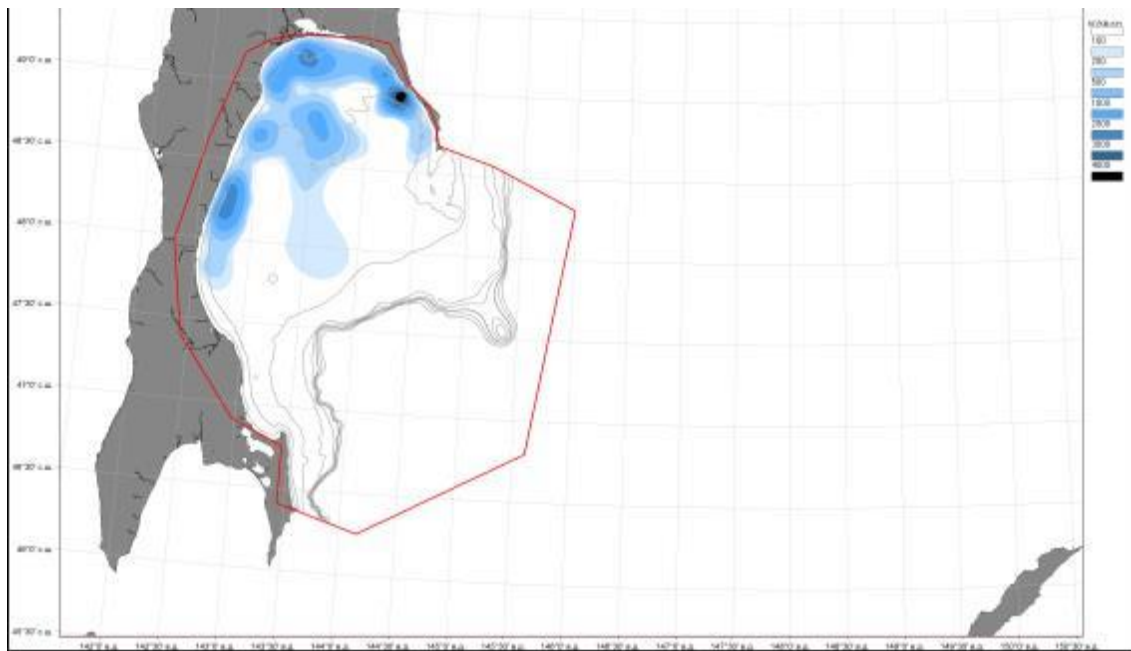


Рис.3. Распределение биомассы желтоперой камбалы в зал. Терпения в июле 2015 г. по результатам донной траловой съёмки на НИС «Дмитрий Песков»

Доля рыб длиной меньше промысловой меры, учитываемая в период донных траловых съёмок, была довольно велика и в 2010–2012 гг. приближённо составляла от 20 до 55%. В 2015-2024 гг. ситуация заметно изменилась.

В этот период в уловах были отмечены особи размером от 14 до 48 см. Средняя длина в 2015-2024 гг. варьировала от 29,2 до 31 см, средний возраст – от 9 до 10 лет (рис. 4). Доминировали рыбы длиной от 28 до 36 см и от 6 до 11 полных лет, на долю которых в среднем приходилось от 65 до 70% уловов по численности. Доля рыб длиной меньше промысловой меры, учитываемая в 2015-2024 гг., заметно сократилась и варьировала от 6 до 18 % (в среднем - 13%). Данные изменения свидетельствуют о том, что в популяции стали преобладать старшевозрастные крупные рыбы, а относительное число молоди сократилось. Указанные факты могут служить косвенным подтверждением о наметившемся росте запасов желтопёрой камбалы.

Необходимо отметить, что учетные донные траловые съёмки в заливе Терпения в 2000-2024 г. не всегда проводились в оптимальные для оценки запасов желтоперой камбалы сроки. Лишь в 2010-2012, 2015 и 2020 гг. исследования осуществлялись в период с июня по август.

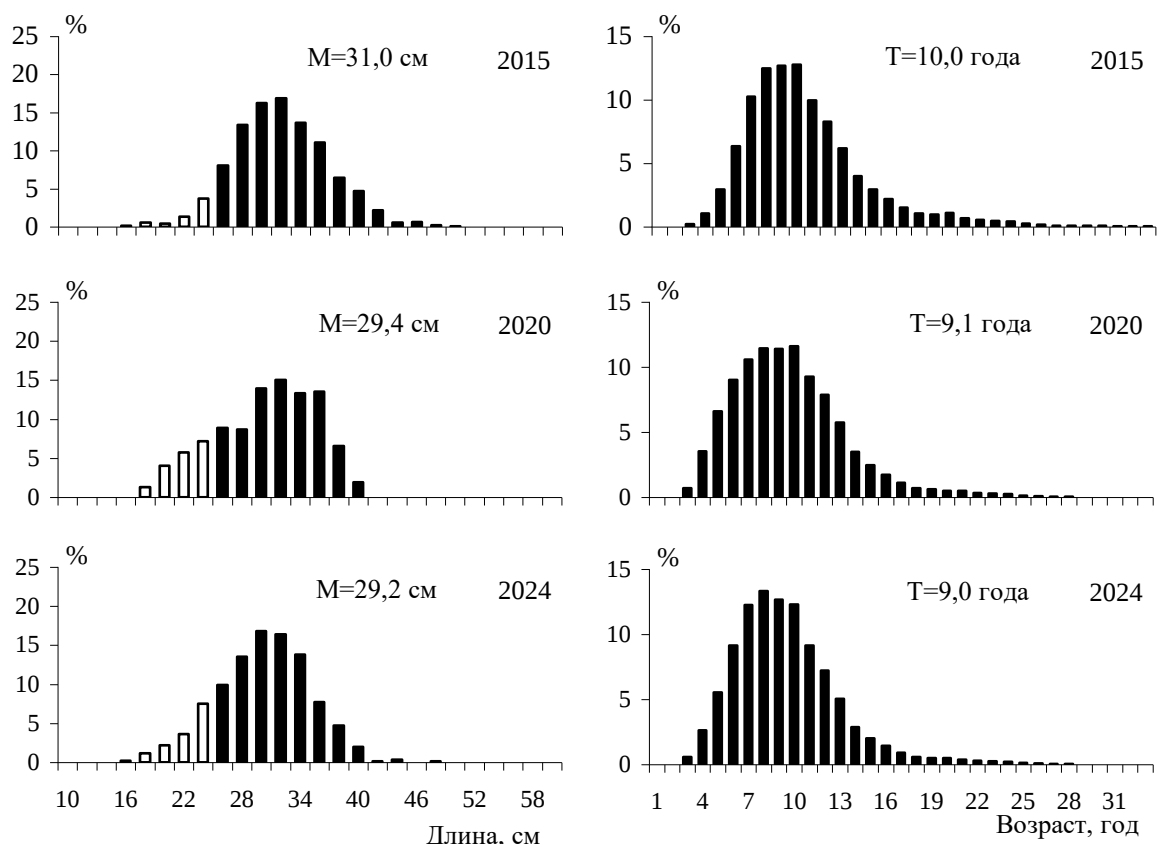


Рис. 4. Размерно-возрастной состав желтоперой камбалы зал. Терпения из уловов донным тралом в период проведения учетных съемок в 2015-2024 гг.

Оценки её промысловой биомассы, скорректированные, с учетом промысла и естественной смертности, на начало года, изменялись от 8,6 тыс. т в 2004 г. до 17,9 тыс. в 2012 г. и до 21,1 тыс. т – в 2020 г. Как можно видеть, в целом, оценки по данным прямых учетов и с использованием когортного моделирования сходным образом отражали тенденции к постепенному росту запасов желтоперой камбалы с начала 2010-х и до 2020 гг.

Донная траловая съемка на НИС «Владимир Сафонов» в 2024 г. в зал. Терпения была выполнена в октябре-ноябре (рис. 1), данное время не является оптимальным. В этот период основная часть желтоперой камбалы мигрирует от мест нереста и нагула к районам зимовки на свале глубин у восточного побережья Сахалина и концентрированных скоплений не образует [Фадеев, 1963; Власова и др., 1971; Тарасюк, 1997]. Тем не менее, оценка её промысловой биомассы, приведённая к дате 1 января, оказалась достаточно высокой и составила 20,2 тыс. т.

Методы прямого учета. Снюрреводная съемка в июле 2024 г. Как уже было отмечено, снюрреводная съемка была выполнена в период с 12 по 22 июля, т.е. сроки ее проведения были оптимальными, с точки зрения оценки запасов желтоперой камбалы. В период съемки в день удавалось выполнить от 1 до 4 заметов. Величина улова на замет варьировала от 1,04 т до 15,4 т, и в среднем за период съемки составила 7,0 т.

Основу снюрреводных уловов повсеместно составляла желтоперая камбала. Ее доля от общей массы уловов снижалась до 57,9% на самом южном крае полигона исследований, восточнее м. Соймонова около 48°50' с.ш., и до 85,2–91,8% на самых мелководных станциях ближе к г. Поронайск. Но в среднем, по району исследований, эта величина оценивалась на уровне 96,8% (рис. 2), что позволяет считать летний снюрреводный промысел желтоперой камбалы в зал. Терпения высокоспециализированным. По крайней мере, при текущем состоянии ее ресурсов.

Основу прилова по массе составляли четырехбугорчатая и звездчатая камбалы, многоиглый керчак и двурогий бычок, на долю которых по массе приходилось 1,1, 0,3, 1,0 и 0,5%, соответственно.

Наибольшие концентрации желтоперой камбалы в зал. Терпения были приурочены к диапазону 23–27 м, а наибольшая плотность скоплений отмечалась в районе с примерными координатами ~ 49°00' с.ш., и от 143°05' в.д. Именно на этом участке отмечались максимальные уловы и концентрировалась большая часть добывающих судов.

Размерно-возрастной состав желтоперой камбалы из снюрреводных уловов, оцененный в ходе съемки в летний период 2024 г. в заливе Терпения представлен на рисунках 5–6.

Желтоперая камбала в снюрреводных уловах была представлен особями длиной от 19 до 47 см и массой от 65 и до 1360 г. Средняя длина рыб в уловах за весь период исследований составила 30,63 см, средняя масса – 321 г, средний возраст – 10,1 года.

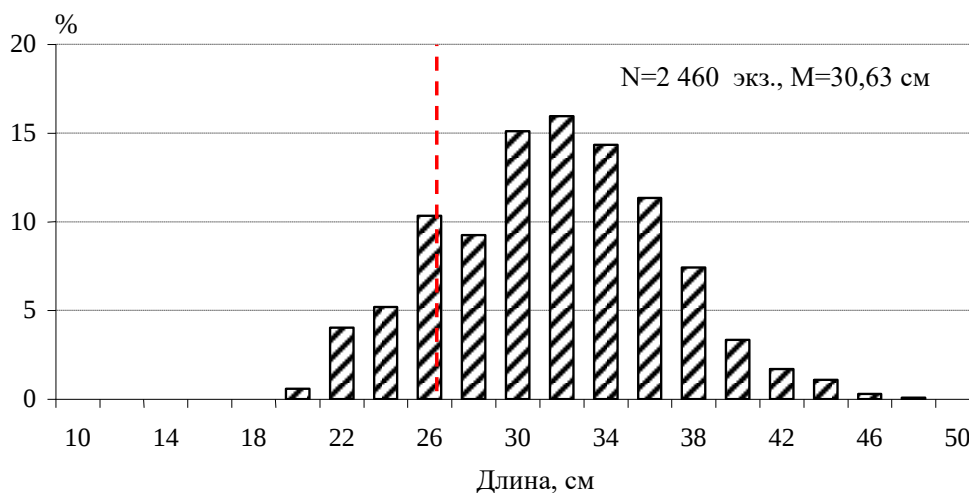


Рис. 5. Размерный состав желтоперой камбалы из снюрреводных уловов в период проведения съемки в июле 2024 г. в зал. Терпения. Указаны количество проанализированных рыб и средняя длина. Пунктиром обозначена промысловая мера для камбал (25 см по АС)

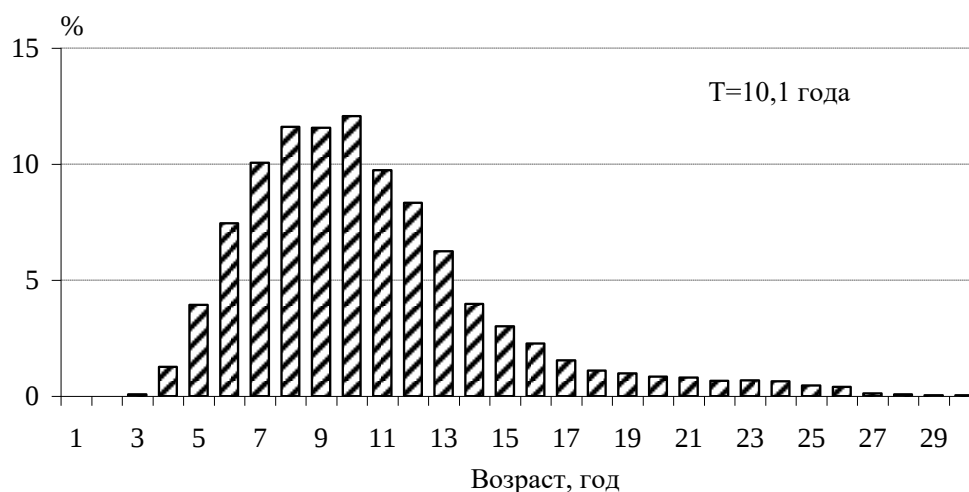


Рис. 6. Возрастной состав желтоперой камбалы из снюрреводных уловов в период проведения съемки в июле 2024 г. в зал. Терпения. Указан средний возраст рыб в уловах

Основу уловов составляли крупные половозрелые особи размером 30-36 см и возрастом 7-11 полных лет. На их долю приходилось 56,7 и 55,0% от общей численности, соответственно. Как уже отмечалось выше, доля рыб длиной менее промыслового размера (до 25 см по АС) уменьшалась по мере увеличения глубины осуществления заметов. Если на отдельных «прибрежных» станциях этот показатель мог достигать 23-32%, то на более глубоководных снижался до 0. Однако в среднем, по результатам исследований, доля особей длиной менее промысловой меры была невысокой, и составила не более 14,7% - от общей численности и 5,1% - от общей массы уловов желтоперой камбалы.

Оценивая биомассу желтоперой камбалы, учтенную в ходе снюрреводной съемки, следует заметить, что довольно удачно было выбрано время для проведения исследований, именно в тот период, когда ее особи агрегировались в крупные нерестовые скопления, что видимо и позволило учесть значительную часть запасов. При этом отметим, что неисследованными остались северо-восточная часть залива и ее участок, прилегающий к п. Стародубское, которые по литературным данным также ранее являлись традиционными местами размножения [Фадеев, 1963, Тарасюк, 1997].

Оценка общей биомассы желтоперой камбалы в северо-западной части зал. Терпения, на участке площадью 1,54 тыс. км² (рис. 2) составила 18,4 тыс. т, промысловой – 17,4 тыс. т, нерестовой – 17,0 тыс. т. Как уже было указано выше, коэффициенты уловистости снюрреводных для дальневосточных ВБР к настоящему моменту однозначно не определены. Но, в нашем распоряжении имеются опубликованные результаты экспериментальных исследований [Золотов и др., 2012], которые свидетельствуют о том, что в силу конструктивных особенностей орудий лова, различий в принципах облова гидробионтов и, вероятно, некоторых специфических черт экологии камбал, для большинства их промысловых видов коэффициенты уловистости

снюрреводами достоверно меньше, чем таковые для стандартного исследовательского 27-метрового донного трала.

Таким образом, используя общепринятые коэффициенты уловистости донного трала для камбал – $KY=0,5$ [Борец, 1997], можно оценить полученные нами в ходе исследований результаты снюрреводной съемки по «нижнему пределу», заявляя при этом, что учтенные нами биомассы камбал, никак не ниже расчетных величин. Применяя указанный $KY=0,5$ к расчётам биомасс для желтоперой камбалы, получим следующие оценки: 36,8 тыс. т – общий запас, 34,8 тыс. т – промысловый, 34,0 – нерестовый.

Также приводим таблицу 2, с оценками общей биомассы, учтенной в ходе снюрреводной съемки, для всех видов камбал, включая виды прилова. Как можно видеть, доля желтоперой камбалы, среди других представителей данного семейства, составляла около 98,0%.

Таблица 2

Учтенная биомасса камбал зал. Терпения ($KY=0,5$) по результатам снюрреводной съемки в июле 2024 г.

Вид	Биомасса, т	Доля, %
Желтоперая	36800	97,970
Четырехбугорчатая	554	1,475
Звездчатая	118	0,314
Длиннорылая	68	0,181
Малорот Стеллера	22	0,059
Южная палтусовидная	0,6	0,002
Сахалинская	0,02	+
Суммарно:	37562,62	100,0

Данное долевое соотношение впоследствии используется для оценки величины возможного изъятия камбал на 2025 г. с учетом видов прилова.

Методы, основанные на промысловых данных. Перед тем, как перейти к анализу динамики запасов желтоперой камбалы зал. Терпения коротко охарактеризуем размерно-возрастную структуру ее промысловых снюрреводных уловов в последние годы.

Изменения, происходившие в размерно-возрастном составе снюрреводных уловов в 2017–2024 гг., также как и для донных траловых уловов в период съемок, косвенно свидетельствуют о постепенном росте ресурсов желтоперой камбалы. Так, в 2005-2013 гг. [Золотов и др., 2014] и в 2017 г. (рис. 7) основу уловов составляли 5–9-и годовики (рис. 8), размером 22–30 см, чей вклад составлял около 70–80%. Средняя длина в этот период варьировала в пределах 25,4–28,4 см.

В 2018–2024 гг. наблюдалось постепенное увеличение средней длины и возраста желтоперой камбалы в уловах, до 9–12 лет и 29,8–34,0 см, соответственно. Доминировали особи длиной 26–36 см, возрастом 7–11 лет, на долю которых приходилось около 55-62% от общей численности. В

2014 г. средний вклад непромысловых рыб в уловы за эти годы не превысил 6,5%.

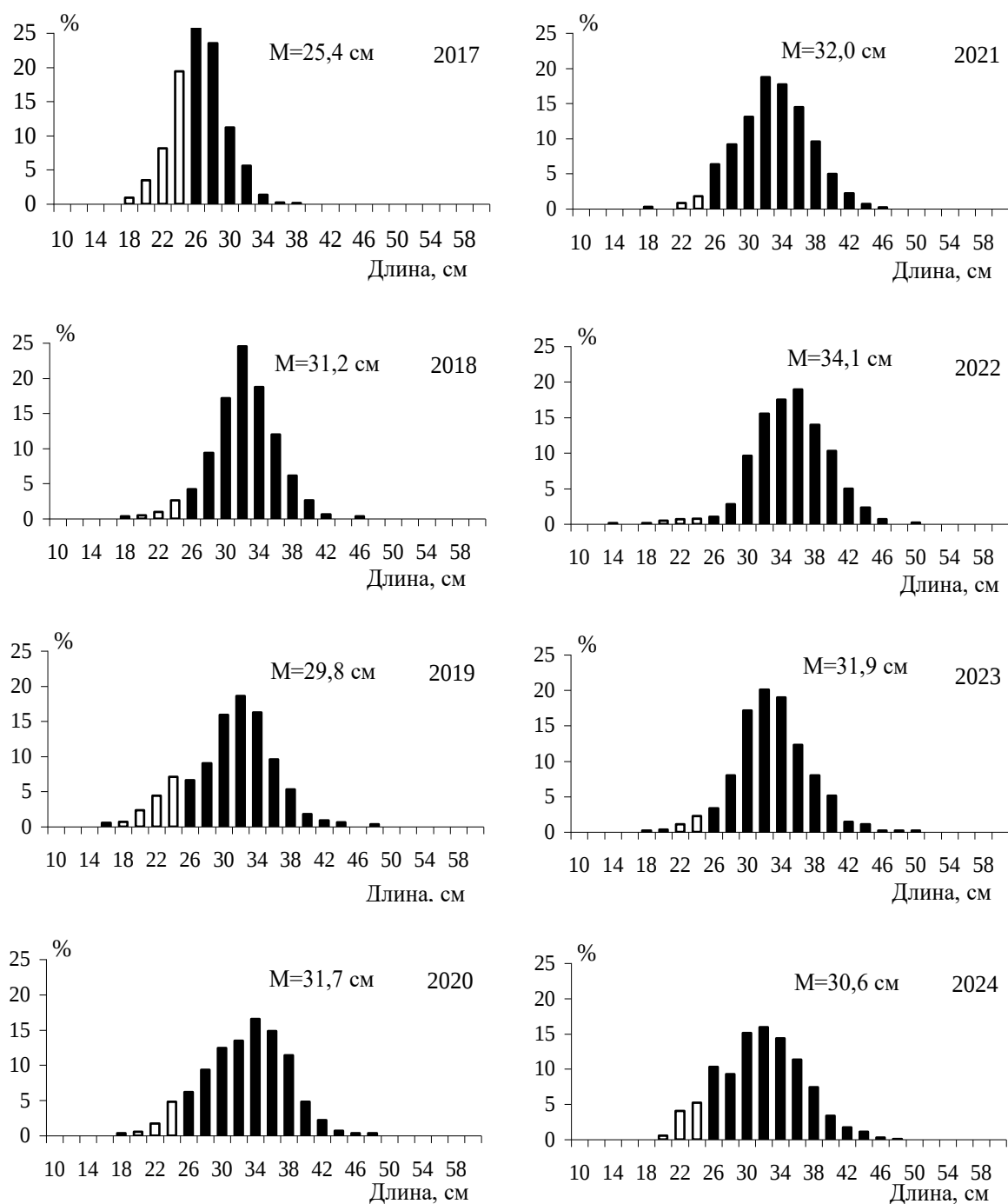


Рис. 7. Размерный состав промысловых снюрреводных уловов желтоперой камбалы зал. Терпения в 2017–2024 гг. Указана средняя длина рыб в уловах. Белым цветом на гистограмме выделены особи непромыслового размера

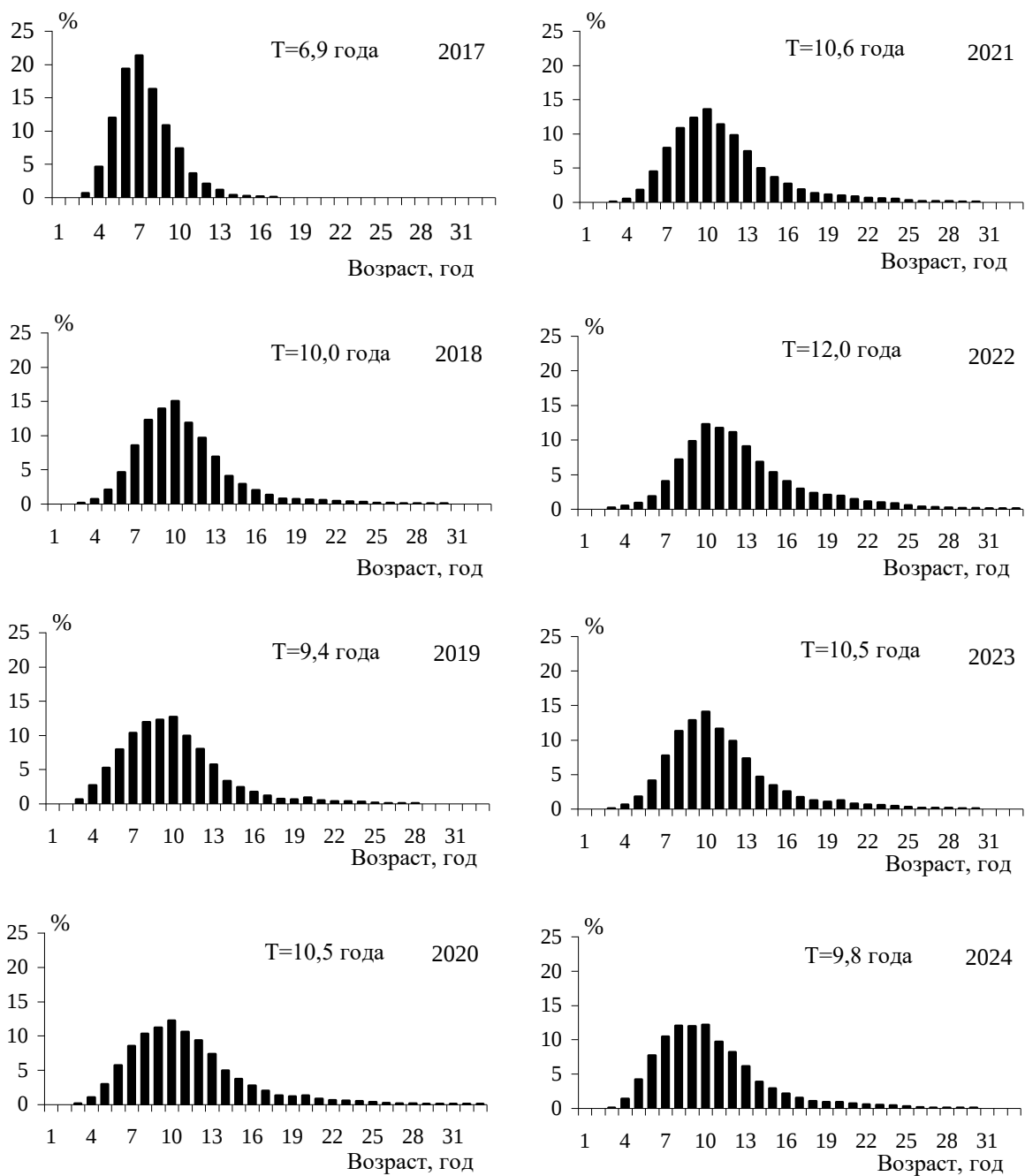


Рис. 8. Возрастной состав промысловых снюрреводных уловов желтоперой камбалы зал. Терпения в 2017–2024 гг. Указан средний возраст рыб в уловах

Анализ многолетних изменений среднего возраста (рис. 9) желтоперой камбалы в промысловых уловах [Золотов, 2024, в печати] показал, что в 2018-2024 гг. это показатель характеризовался самыми высокими значениями на всем историческом этапе наблюдений, что также косвенно свидетельствует о позитивных тенденциях в динамике запасов данной популяции.

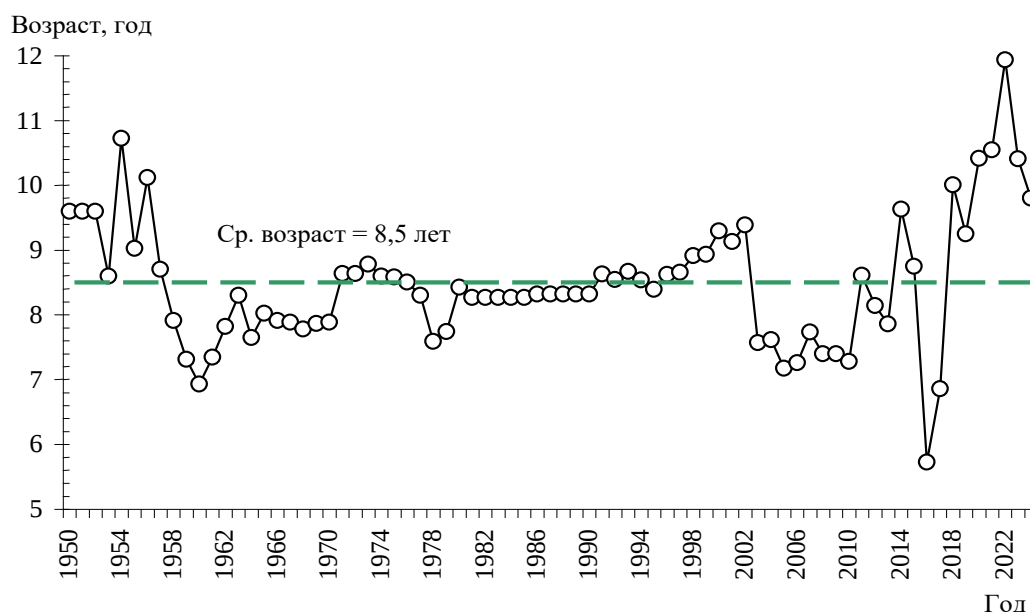


Рис. 9. Многолетняя динамика среднего возраста желтоперой камбалы зал. Терпения в промысловых уловах [Золотов, 2024, в печати]. Пунктирной линией показан средний возраст

Кроме этого, о позитивных изменениях, происходящих в группировке желтоперой камбалы зал. Терпения свидетельствует и динамика уловов на усилие для судов типа МРС (улов на судосутки промысла, рис. 10). Как можно видеть, величина улова на судосутки превышала уровень максимальных значений в середине 1990-х гг., когда после десятилетнего запрета промысел камбал был возобновлен. В 2023-2024 гг. средняя величина улова на усилие для судов ООО «Рыбак» оценивалась на уровне 13,4-14,7 т, и была в 1,5-1,8 раза выше оценок уловов на усилие в 2010-2015 гг.

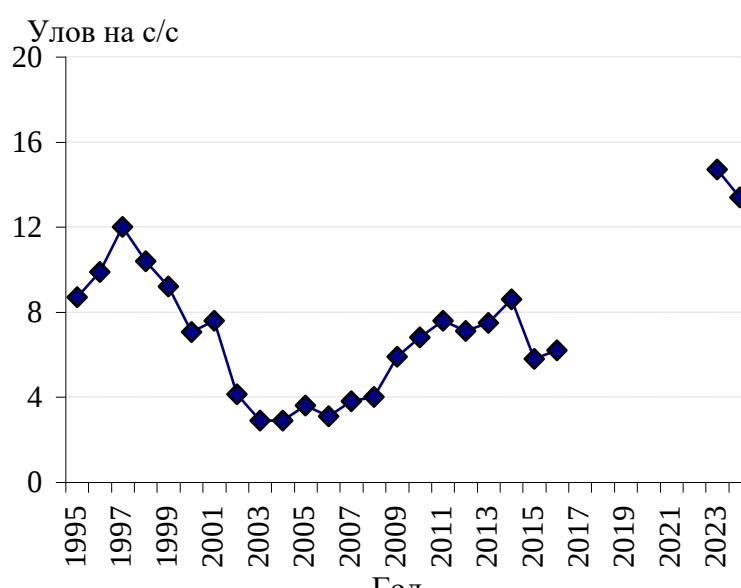


Рис. 10. Многолетняя динамика уловов на усилие (улов на с/сутки промысла одного судна класса МРС) в 1995-2024 гг.

В качестве основного метода ретроспективного анализа динамики численности желтоперой камбалы зал. Терпения нами был выбран метод ВПА.

В качестве входной информации для модели использовали:

- Матрицу уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 4 до 17 полных лет) и годам промысла (от 1950 до 2024 г.);
- Среднегодовое значения массы (рис. 11), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанных по данным полных биологических анализов (ПБА), актуализированные в соответствии с результатами исследований последних лет [Золотов, 2024, в печати];

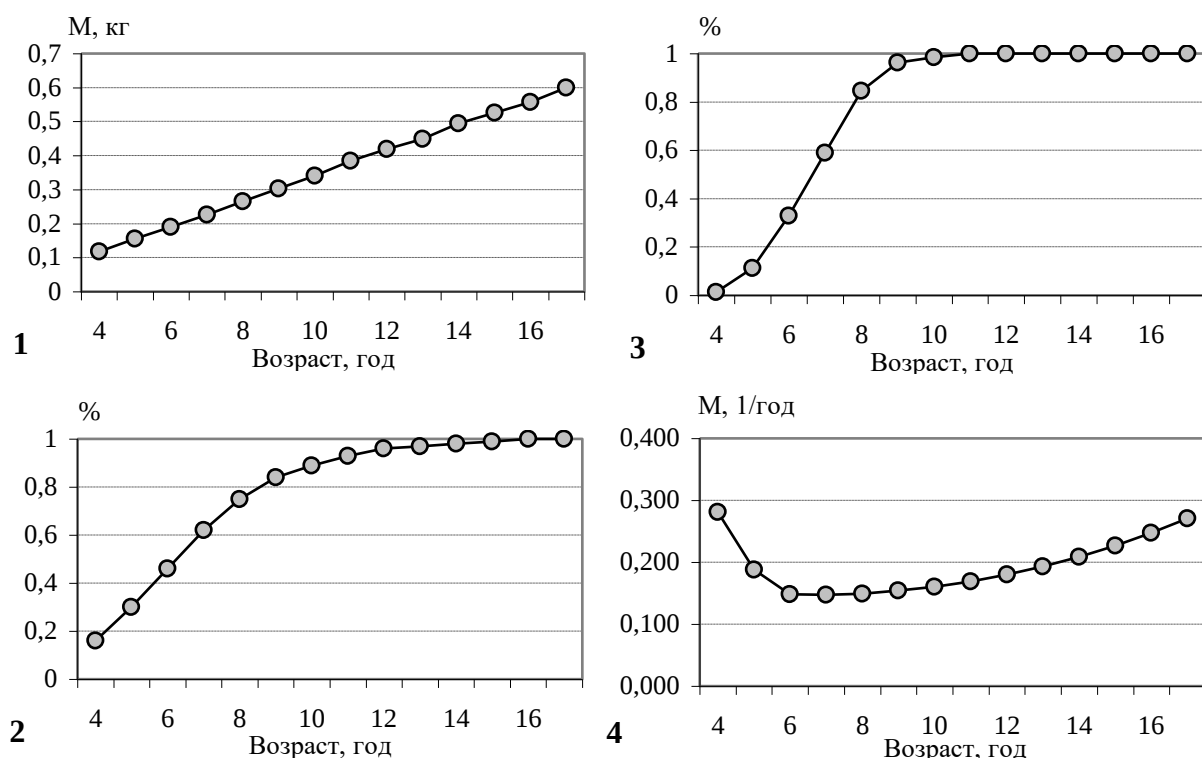


Рис. 11. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения методом ВПА. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера (более 25 см по АС), 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

– Мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, рассчитанные с учетом предельной наблюдаемой продолжительности жизни желтоперой камбалы зал. Терпения (37 лет), по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB) и промысловой (FSB) биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения представлена на рисунках 12, 13.

Как можно видеть, после периода высокого уровня запасов в 1950–1960-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, биомасса

популяции постепенно снижалась. В середине 1970-х ее величина достигла критических значений, уловы резко снизились и в 1980-м г. был введен запрет промысла, который продлился десять лет.

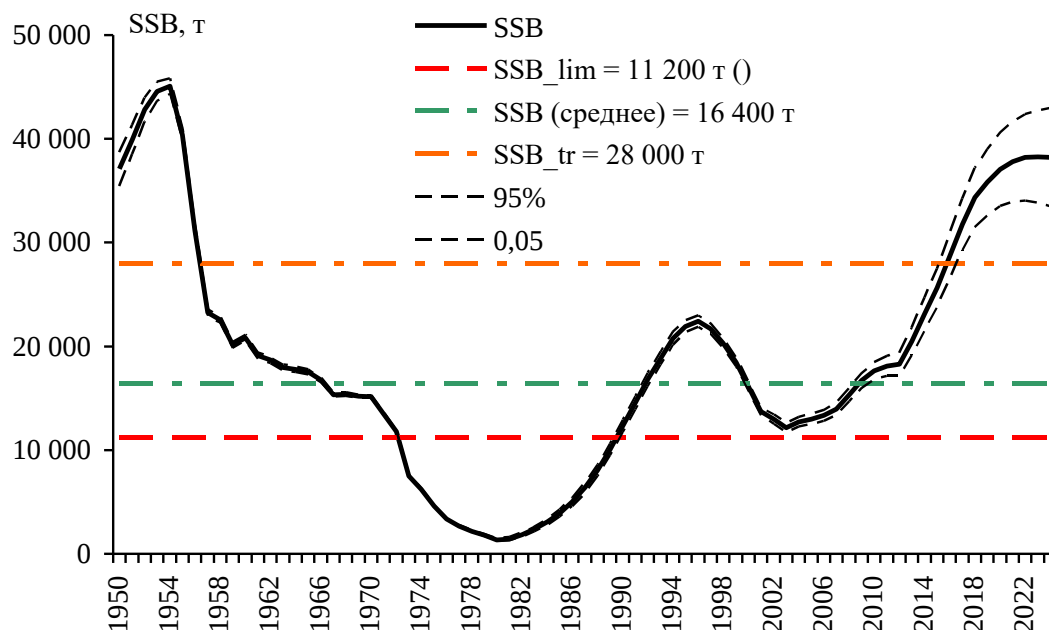


Рис. 12. Многолетняя динамика нерестовой биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения по результатам когортного моделирования (ВПА). Дополнительно показаны граничный и целевой ориентиры по нерестовой биомассе

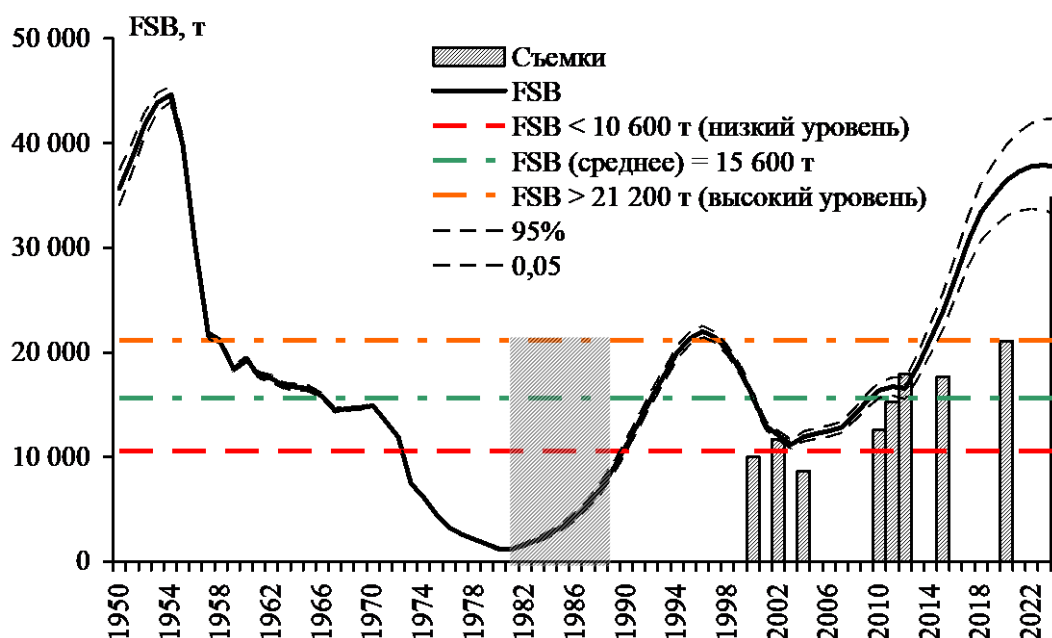


Рис. 13. Многолетняя динамика промысловой биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения по результатам когортного моделирования (ВПА) в сопоставлении с данными донных траловых съемок. Оценки по траловым съемкам приведены к дате 1 января. В 2024 г. приведены результаты снюрреводной съемки. Штриховкой выделен период запрета промысла

Согласно модельным расчетам, после 2006 г. численность поколений в возрасте 4 года (R_4), вступающих в промысловую часть популяции, была выше среднемноголетнего уровня и постепенно увеличивалась (рис. 14). В результате, нерестовая и промысловая биомасса к началу 2022-х гг. возросла до 35–38 тыс. т, что сопоставимо с периодом высокого уровня запаса, который наблюдался в 1950-е гг.

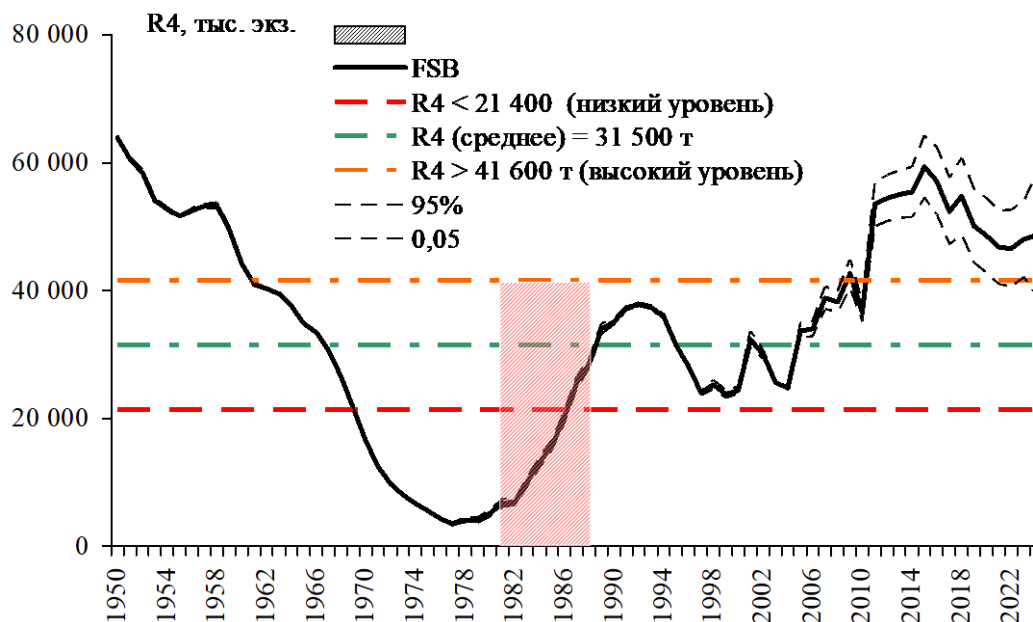


Рис. 14. Многолетняя динамика пополнения (тыс. экз.) желтоперой камбалы зал. Терпения в возрасте 4 года (R_4). Штриховкой выделен период запрета промысла

Оценки нерестовой и промысловой биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения на 2024 г., полученные методом ВПА и используемые нами в дальнейших расчетах составили $38,2 \pm 4,8$ и $37,7 \pm 4,6$ тыс. т, соответственно.

В заключение данного раздела приведем результаты оценки запасов желтоперой камбалы зал. Терпения с использованием когортной модели «Синтез» (рис. 15). В обосновании в качестве базовой модели, и в силу традиционности, используется ВПА, но, сопоставимые результаты могут быть получены и с использованием альтернативной модели. Как можно видеть, как в плане определения долговременных тенденций в ретроспективной динамике промысловой биомассы, так и в оценке ее современного уровня, обе модели дают практически идентичный результат.

Промысел. В многолетнем плане основной вклад в годовые уловы камбал Восточного Сахалина всегда обеспечивал зал. Терпения. Начало полномасштабного промыслового освоения запасов желтоперой камбалы этого района относится к первой половине 1950-х гг. (рис. 16). Максимальный вылов пришелся на 1955–1956 гг., когда было добыто 17,3 и 16,3 тыс. т, причем уловы основного промыслового вида – желтоперой камбалы составляли более 90% по биомассе [Золотов и др., 2014].

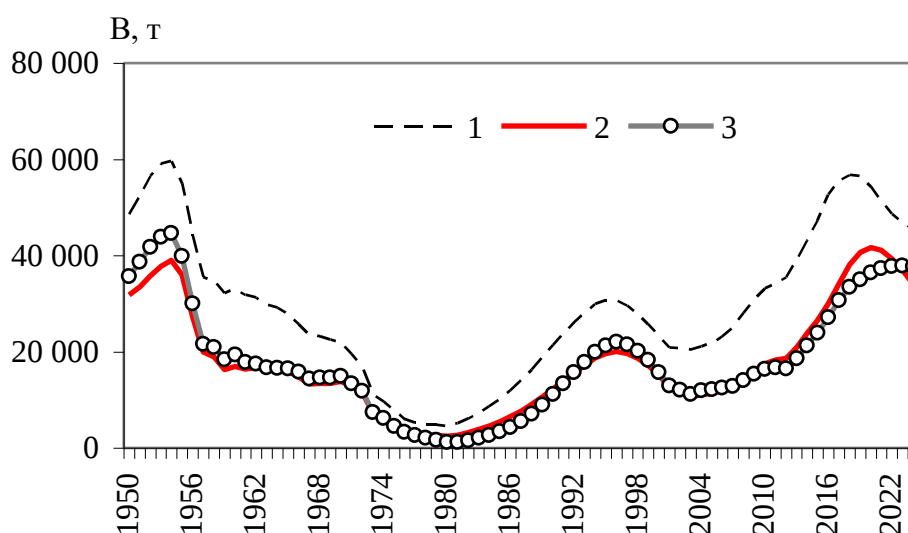


Рис. 15. Результаты оценки запасов желтоперой камбалы зал. Терпения по моделям ВПА и «Синтез». 1 – общая биомасса («Синтез»), 2 – промысловая биомасса («Синтез»), 3 – промысловая биомасса (ВПА)

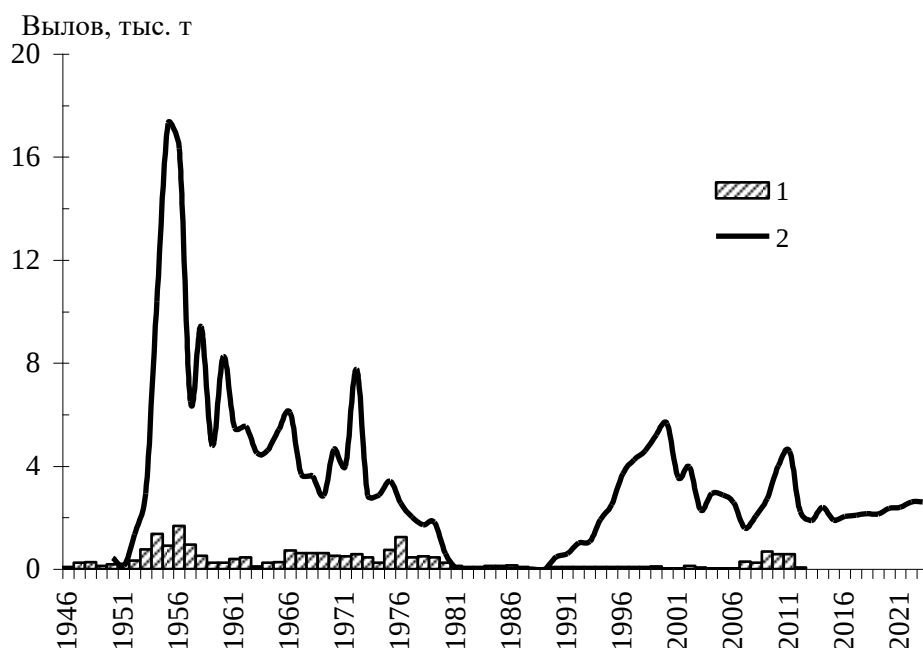


Рис. 16. Годовые уловы камбал Восточного Сахалина, 1 – зал. Анива, 2 – зал. Терпения [Золотов и др., 2014]

По мере развития промысла, на фоне постепенного снижения запасов, годовые уловы камбал залива уменьшались – до 4,6 тыс. т в 1960-х, и до 2,9 тыс. т в среднем в год – в 1970-х гг. К началу 1980-х гг. промысловая и нерестовая биомасса желтоперой камбалы достигла критической отметки – менее 10 тыс. т, что послужило причиной десятилетнего запрета промысла камбал в заливе.

В 1990-е гг., после возобновления промысла, годовые уловы камбал зал. Терпения постепенно увеличивались от 0,47 тыс. т в 1990-ом г. до 5,6 тыс. т – в 2000-ом, что, главным образом, было обусловлено ростом

запасов желтоперой камбалы, который был характерен в этот период и для других крупных популяций данного вида в дальневосточных морях.

В последнее десятилетие, после возвращения камбал Восточно-Сахалинской подзоны в Перечень видов ВБР на которые устанавливается ОДУ, общий улов камбал в зал. Терпения изменялся от 1,9 тыс. т – в 2015 г. до 2,62 тыс. т – в 2022 г. и, в среднем, составил 2,47 тыс. т (табл. 3). Освоение допустимых уловов варьировало в пределах 80-98%, и в среднем было на очень высоком уровне – 92%. При этом, следует заметить, что, если уровень промыслового запаса в период с 2015 по 2024 г. приближённо увеличился в 1,6 раза (рис. 13-15), то ОДУ возрос лишь на 15% – с 2,3 до 2,648 тыс. т, что вряд ли свидетельствует о рациональном подходе к освоению ресурсов камбал зал. Терпения.

Таблица 3

ОДУ, вылов и % освоения камбал Восточно-Сахалинской подзоне в 2015-2024 гг., тыс. т

	ОДУ	Вылов	Освоение
2015	2,300	1,90	82,6
2016	2,350	1,99	84,7
2017	2,540	2,34	92,1
2018	2,200	2,14	97,3
2019	2,200	2,12	96,4
2020	2,450	2,35	95,9
2021	2,600	2,40	92,3
2022	2,686	2,62	97,5
2023	2,687	2,60	96,8
2024*	2,648	2,14	80,8
Среднее:	2,47	2,26	91,5

*Примечание: * - вылов по состоянию на 01.12.2024*

Прогнозирование состояния запаса

Оценка численности и биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения на 2025-2026 гг. выполнена с помощью обращенной вперед когортной процедуры, с учетом данных представленных выше на рисунке 11.

Ключевую роль при прогнозировании состояния запаса с некоторой заблаговременностью играет оценка пополнения.

Поэтому для оценки возможной величины пополнения желтоперой камбалы была построена марковская матрица вероятности [Хилборн, Уолтерс, 2001], для чего результаты расчетов ВПА в парах «нерестовый запас-пополнение R4» 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 71 пара «FSB-R4». В результате была рассчитана вероятность появления поколения определенной урожайности при том, или ином уровне нерестового запаса, результаты представлены в таблице 4.

Таблица вероятности для пополнения желтоперой камбалы зал. Терпения

Биомасса нерестового запаса SSB, тыс. т	Численность пополнения (R4), млн рыб		
	Низкий уровень $R4 \leq 21,4$	Средний уровень $21,4 < R4 \leq 41,6$	Высокий уровень $41,6 < R4$
Низкий уровень $SSB \leq 11,2$	<u>58,8% (n=10)</u> 9,0±3,5 млн рыб	<u>41,2% (n=7)</u> 33,7±3,5 млн рыб	—
Средний уровень $11,2 < SSB \leq 21,6$	<u>20,0% (n=7)</u> 9,0±3,1 млн рыб	<u>57,1% (n=20)</u> 31,5±2,4 млн рыб	<u>22,9% (n=8)</u> 53,8±3,4 млн рыб
Высокий уровень $21,6 < SSB$	—	<u>26,3% (n=5)</u> 32,4±7,3 млн рыб	<u>73,7% (n=14)</u> 50,1±3,1 млн рыб

Примечание: В таблице указаны: над чертой – вероятность появления поколения с данным уровнем численности; в скобках – число результатов пересечения «FSB – R4», для данного интервала; под чертой – средняя численность пополнения с учетом 95%-ого доверительного интервала

Если принять во внимание, что в 2014–2016 гг. величина нерестового запаса желтоперой камбалы зал. Терпения находилась на уровне выше 30 тыс. т, то, в соответствии с результатами, представленными в таблице 4, с вероятностью 67,0% в 2025–2026 гг. можно предполагать, что величина пополнения промыслового запаса R4 будет соответствовать среднему уровню для этого диапазона SSB и его оценка составит 50,1 млн экз. Однако, с учетом неопределенности, и в соответствии с основными положениями «предосторожного подхода» [Бабаян, 2000], в прогнозе состояния запаса данная величина использована с учетом нижней границы 95%-ого интервала доверительной вероятности: $R4=50,1-3,1=47,0$ млн экз. Эта величина и заложена в прогноз.

Вылов камбал Восточно-Сахалинской подзоны на 01.12.2024 г. составил 2,132 тыс. т. С учетом долевого соотношения промысловых видов камбал в уловах снюрреводной съемки в июле 2024 г., современный вклад желтоперой камбалы оценён на уровне 98%. Таким образом, величина вылова желтоперой камбалы в 2024 г. оценивается на уровне $2,132 \cdot 0,98 = 2,085$ тыс. т. Эта величина и заложена в прогноз.

Окончательный расчет численности и биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения, в рамках подготовки корректировки ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны на 2025 г., выполнен с помощью обращенной вперед когортной процедуры, с учетом предположений, описанных выше, и коэффициентов естественной смертности, представленных на рисунке 11. Как можно видеть (табл. 5), ожидается, что к 2025 г. промысловая биомасса составит 37,8 тыс. т, нерестовая – 38,4 тыс. т, что соответствует высокому уровню запаса.

Таблица 5

Результаты оценки численности и биомассы желтоперой камбалы залива Терпения на 2025 г.

	Возраст на начало года														Вылов т
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Численность на 01.01.2024, ВПА, тыс. экз.	48 624	35 591	28 012	23 609	20 421	17 146	15 079	11 091	9 143	6 846	4 392	3 283	2 445	1 747	2 085*
Мгновенный коэффициент естественной смертности М, 1/год	0,281	0,188	0,149	0,147	0,149	0,154	0,161	0,169	0,180	0,193	0,209	0,227	0,247	0,270	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности F, 1/год	0,002	0,010	0,022	0,036	0,048	0,057	0,067	0,073	0,075	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	
Годовой коэффициент выживания с учетом промысла	0,753	0,821	0,843	0,833	0,821	0,810	0,797	0,785	0,775	0,764	0,753	0,739	0,724	0,708	
Сумма															
Численность на 01.01.2025, ВПА, тыс. экз.	47 000	36 620	29 220	23 609	19 665	16 763	13 882	12 015	8 704	7 082	5 232	3 306	2 427	1 771	227 296
Средняя масса, кг	0,118	0,156	0,190	0,226	0,266	0,303	0,340	0,385	0,419	0,449	0,495	0,526	0,557	0,600	
Доля промысловых рыб, %	0,013	0,113	0,330	0,589	0,845	0,962	0,986	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Промысловая биомасса, т	73	644	1 831	3 145	4 420	4 888	4 652	4 626	3 647	3 180	2 590	1 739	1 352	1 063	37 850
Доля половозрелых рыб, %	0,160	0,300	0,460	0,620	0,750	0,840	0,890	0,930	0,960	0,970	0,980	0,990	1,000	1,000	
Нерестовая биомасса, т	887	1 714	2 554	3 308	3 923	4 266	4 201	4 302	3 501	3 084	2 538	1 721	1 352	1 063	38 414

Примечание: *- вылов желтоперой камбалы указан по состоянию на 01.12.2024 г.

Определение биологических и промысловых ориентиров

Корректировка утверждённого на 2025 ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны 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.

Целью (стратегией) управления промыслом камбал Восточно-Сахалинской подзоны можно обозначить обеспечение возможности промысловой эксплуатации на уровне, не ограничивающем возможности к расширенному воспроизводству и поддержанию биомассы их запасов на оптимальном уровне.

Основные подходы к определению граничных и целевых ориентиров управления промыслом желтоперой камбалы залива Терпения были разработаны еще при подготовке материалов, обосновывающих ее ОДУ на 2015-2016 гг., и с учетом результатов ретроспективной оценки ее запасов [Золотов и др., 2014]. В текущем обосновании эти подходы сохранены, однако сами ориентиры управления были подвергнуты ревизии и были актуализированы с учетом биологической информации, собранной специалистами отраслевых научно-исследовательских институтов в 2017-2024 гг.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности F_{lim} , определяющего рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, взят параметр $F_{0,1_{max}} = 0,39$, определенный аналитическим методом по кривой улова на рекрута (рис. 17) или в терминах коэффициента эксплуатации $U = 32,2\% \approx 32\%$. Данный подход допустим [Бабаян, 2000].

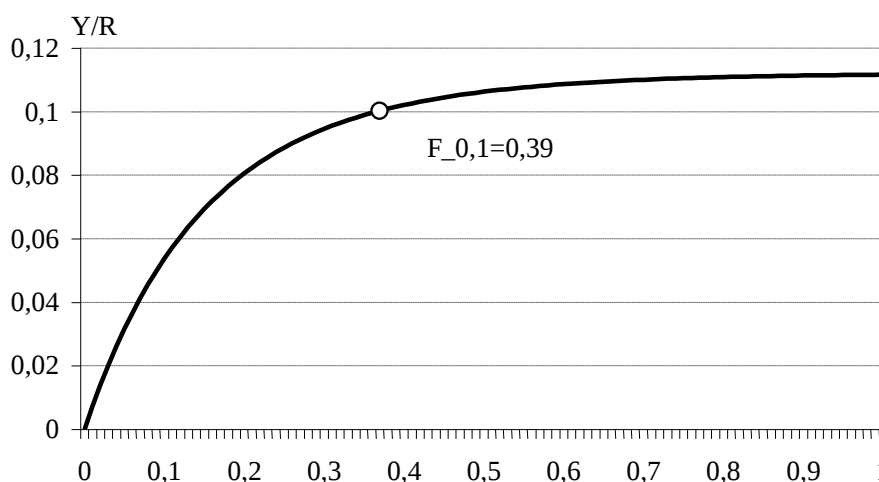


Рис. 17. Зависимость улова на рекрута Y/R (кг/экз.) для группировки желтоперой камбалы зал. Терпения от промысловой смертности F

Целевые ориентиры по биомассе и промысловой смертности предлагаем определить в рамках основных принципов реализации

предосторожного подхода при дефиците исходной информации [Бабаян, 2000].

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr} , при превышении которого возможно максимальное изъятие, определим, как произведение значения SSB/R , соответствующего параметру F_{med} (мгновенному коэффициенту промысловой смертности, при котором относительный прирост биомассы нерестового запаса за счет пополнения в половине наблюдаемых случаев компенсирует его убыль от естественных причин и промысла) на среднемноголетнюю величину пополнения $R(4)$, определенную для современного периода высокого уровня запаса в 2011-2024 гг. $R(4) = 53,4$ млн экз.

Не останавливаясь подробно на методике определения F_{med} , напомним, что этот параметр оценивается по углу наклона прямой линии разделяющих облако точек «запас–пополнение» пополам и равновесной зависимости SSB/R (рис. 18) от промысловой смертности F [Бабаян, 2000]. Согласно нашим расчетам, величина F_{med} для желтоперой камбалы зал. Терпения составила 0,183 или, в терминах коэффициента эксплуатации, $U = 16,7 \approx 17\%$.

Согласно нашим расчетам, величина SSB/R , соответствующая F_{med} для желтоперой камбалы зал. Терпения составила 0,52, тогда оценка целевого ориентира по нерестовой биомассе составляет $SSB_{tr} = 0,52 * 53,4 = 27,7 \approx 28$ тыс. т.

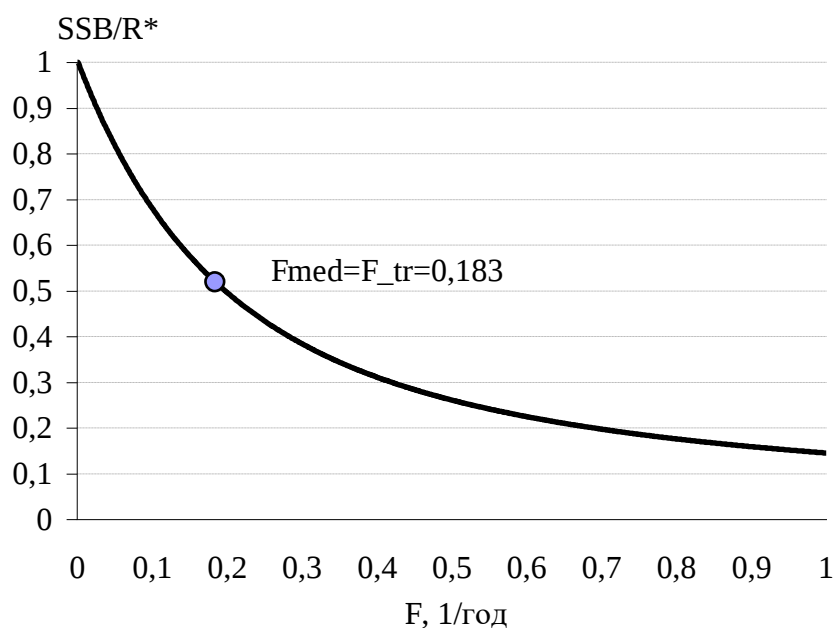


Рис. 18. Нормированная зависимость нерестовой биомассы на рекрута для группировки желтоперой камбалы зал. Терпения от промысловой смертности F

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе SSB_{lim} считаем целесообразным принять значение, эквивалентное оценке при которой был снят запрет промысла в конце 1980-х гг., после чего группировка благополучно восстановила свою численность (рис. 12), с учетом верхней границы 95%-ого интервала доверительной вероятности, эта

величина составляет 10,0 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 0,1% от целевого уровня промысловой смертности [Бабаян, 2000]. В итоге $U_{lim}=0,1*17\% = 1,7\% \approx 2\%$.

Обоснование правила регулирования промыслом

С учетом приведенной выше информации, в аналитической форме правило регулирования промысла желтоперой камбалы Восточно-Сахалинской подзоны, может быть сформулировано следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} u &= 2,0\%, \text{ при } SSB \leq 10,0 \text{ тыс. т} \\ u &= 0,833 SSB - 6,33 \text{ при } 10,0 \text{ тыс. т} < SSB \leq 28,0 \text{ тыс. т} \\ u &= 17,0\% \text{ при } SSB > 28,0 \text{ тыс. т} \end{aligned} \right\}$$

где SSB – общая биомасса, U – коэффициент эксплуатации
В графической форме то же самое ПРП имеет вид (рис. 19).

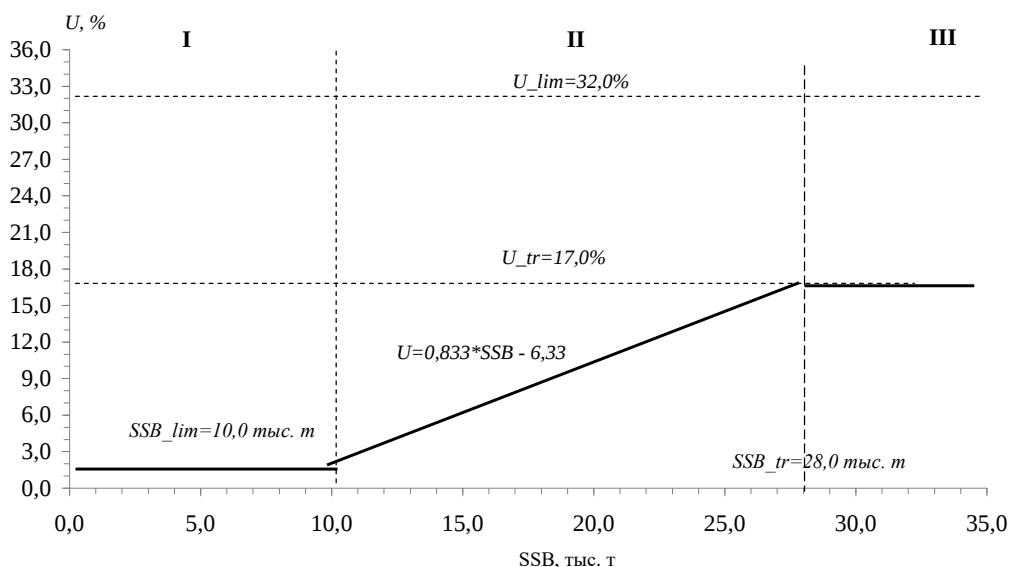


Рис. 19. ПРП желтоперой камбалы зал. Терпения

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Предполагается, что величина нерестовой биомассы желтоперой камбалы зал. Терпения зоны на 2025 г. будет соответствовать уровню 38,4 тыс. т. Эта оценка выше целевого ориентира по биомассе и соответствует области эксплуатации без ограничений. Рекомендуемый уровень промыслового изъятия на 2025 г. составляет $U=17\%$ (рис. 18).

При оценке промысловой биомассы желтоперой камбалы на 2025 г. равной 37,8 тыс. т, объем ее допустимого изъятия мог бы быть скорректирован до уровня $37,8*0,17=6,426 \approx 6,4$ тыс. т. Однако, полагаем

преждевременным сразу увеличивать ОДУ почти в 2,5 раза и предлагаем применить адаптивную стратегию [Хилборн, Уотерс, 2001]. Учитывая, что, при использовании предложенных в настоящем обосновании подходов к оценке допустимого изъятия желтоперой камбалы зал. Терпения и текущем состоянии ее промысловых ресурсов, предварительные оценки её ОДУ на 2026 г. находятся в интервале 6,0-6,5 тыс. т, предлагаем искусственно снизить откорректированную оценку **ОДУ на 2025 г.** до величины **4,5 тыс. т.**

Поскольку, с учетом сложившейся структуры промысла и современного видового состава камбал в уловах (табл. 2), средняя доля желтоперой камбалы в годовом вылове в зал. Терпения оценивается на уровне 98%, то общий объем ОДУ камбал Восточно-Сахалинской подзоны, с учетом видов прилова, в 2025 г. предлагается увеличить $ОДУ = 4,5 / 0,98 = 4,59 \approx 4,6$ тыс. т.

Таким образом, **ОДУ камбал дальневосточных в Восточно-Сахалинской подзоне в 2025 г. увеличится на 1,968 тыс. т и состит 4,600 тыс. т (с 2,632 до 4,600 тыс. т).**

Анализ и диагностика полученных результатов

Мы попытались протестировать выбранную нами стратегию управления промыслом, целью которой является минимизация экологического вреда от эксплуатации и обеспечение максимально возможного изъятия при данном уровне воспроизводства, для чего провели анализ использования выбранного ПРП на перспективу методами моделирования. При расчетах поведения запаса полагали, что до 2028 г. величина пополнения R4 будет соответствовать уровню 47,0 млн. экз. Вылов определяли исходя из сформулированного ПРП. Результаты представлены на рисунке 20.

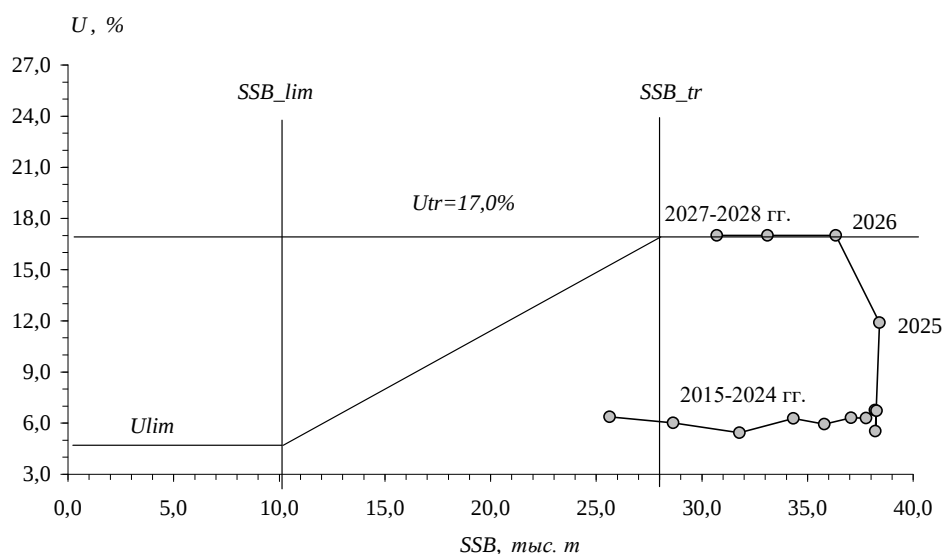


Рис. 20. Результаты тестирования ПРП желтоперой камбалы Восточно-Сахалинской подзоны в 2025–2028 гг., в предположении, что величина ОДУ будет определяться согласно принятому ПРП. Значения изъятия в 2025 г. определены с учетом предлагаемой корректировки

Как можно видеть, текущий уровень запасов желтоперой камбалы зал. Терпения позволит до 2028 г. эксплуатировать его с максимальной интенсивностью, при этом уровень нерестовой биомассы будет выше целевого ориентира управления.

Также, в рамках оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, связанных с его эксплуатацией, был проведен анализ рисков превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} , что иногда ассоциируется с переловом по росту [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовалось программное обеспечение «ТАС», разработанное в ФГБНУ «КамчатНИРО» (разработчик – О.И. Ильин), 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 в ПО используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 21), вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} на прогнозный 2025 г. не превышает рекомендованного уровня $\alpha=0,1$ [Бабаян, 2000].

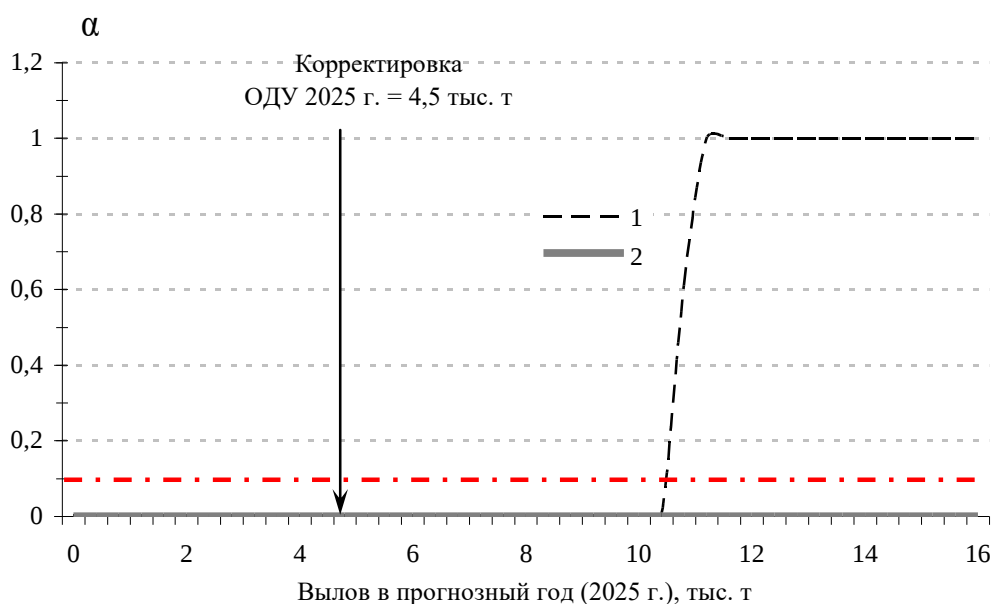


Рис. 21. Вероятность (α) превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} (1) на прогнозный 2025 г. популяция в прогнозные годы составляет 47,0 млн экз.

При этом, риски превышения допустимого порогового значения вероятности $\alpha=0,1$ в 2025 г. наступают при вылове желтоперой камбалы свыше 10,0 тыс. т, что при нынешнем состоянии промысла маловероятно.

СЕЛЬДЬ ТИХООКЕАНСКАЯ (*Clupea pallasii*)

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: А.И. Варкентин, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: А.А. Смирнов (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу корректировки ОДУ сельди тихоокеанской в Карагинской подзоне на 2025 г. положены следующие данные:

— результаты авиаучетной и икорной съемки, выполненной 7–13 мая 2024 г. в районах основного воспроизводства сельди в подзоне — зал. Уала, Анапка, Тымлат, а также в зал. Корфа, б. Скобелева и гавани Сибирь (общий налет составил 9 часов 45 мин., количество проб обыкренного субстрата — 33, количество массовых промеров (МП) сельди — 272 экз., полных биологических анализов (ПБА) — 40 экз.);

— сведения, собранные сотрудником «КамчатНИРО» на БМРТ «Поллукс» при специализированном траловом промысле сельди в ноябре–декабре 2024 г. (МП — 12534 экз., ПБА — 497 экз.);

— многолетние промыслово-биостатистические и архивные материалы, результаты авиаучетных съемок с 1939 г.;

— данные 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 сельди в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Федерального агентства по рыболовству (<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>).

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальными требованиями 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.

Для сельди тихоокеанской в Карагинской подзоне в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам с 1980 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных

коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, стандартизированные уловы на единицу усилия с 2010 г., оценки нерестового запаса в 1980–2006, 2010–2015, 2017–2020, 2022, 2024 гг. по данным икорных и авиаучетных съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза по корфо-карагинской сельди 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].

Эта модель для данного запаса используется с 2014 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. [Quinn and Deriso, 1999]. 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».

Набор исходных данных для модели следующий:

- вылов (млн экз.) корфо-карагинской сельди по возрастам (4–13 лет) и годам (1980–2024 гг.); возрастной состав в указанные годы рассчитывали по среднемноголетнему (1980–2024 гг.) размерно-возрастному ключу;
- среднемноголетняя масса рыб (W) по возрастным группам (табл. 1);
- среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам (M_0), рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в осенний период;

— среднемноголетние мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) по возрастам.

Таблица 1

Основные входные данные для расчетов в модели «Синтез»

Возраст/ показатель	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МКЕС, 1/год	0,341	0,334	0,336	0,344	0,356	0,372	0,392	0,416	0,443	0,476
W, кг	0,244	0,308	0,360	0,404	0,442	0,475	0,505	0,532	0,557	0,580
Mo, доли	0,570	0,886	0,967	0,980	0,994	1	1	1	1	1

В качестве настроечных индексов для модели использовали уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) в 2010–2024 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа БМРТ (трал р/гл 116/640 м пр. 180 ФОЛ НБАМР), ведущих траловый промысел в ноябре (рис. 1). Предикторы — факторы года, месяца, типа промыслового судна, типа орудия лова и глубины. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R.

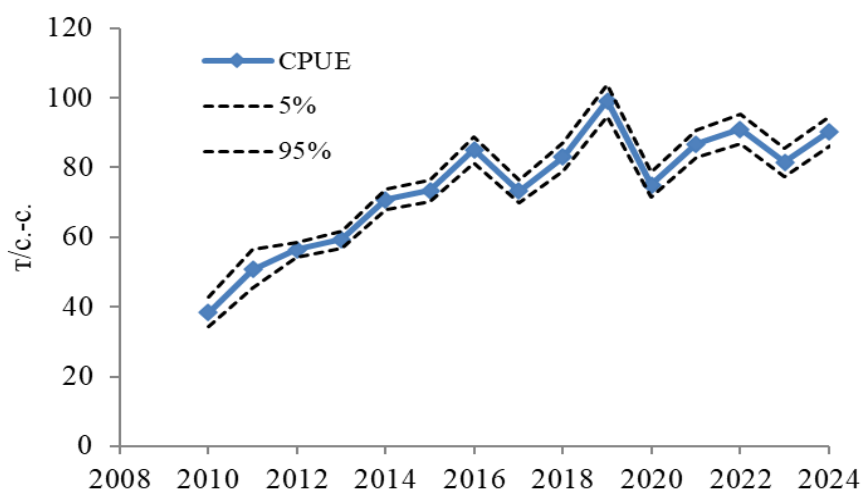


Рис. 1. Стандартизованные с помощью GLM уловы на единицу промыслового усилия

Дополнительно использовали оценки нерестового запаса сельди в Карагинской подзоне в 1980–2006, 2010–2015, 2017–2020, 2022, 2024 гг. по данным икорных и авиаучетных съемок [Качина, 1981; Науменко, 2001], выполненных на нерестилищах в период массового воспроизводства (в первой половине мая).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Корфо-карагинская сельдь является одной из сравнительно крупных популяций тихоокеанской сельди и важнейшим объектом промысла в западной части Берингова моря. Свое название получила по наименованию заливов (Карагинский и Корфа), где расположены её основные нерестилища. По окончании нереста сельдь уходит из Карагинского залива для откорма на

акваторию Западно-Берингоморской зоны. Протяжённость миграций связана с численностью стада — чем она больше, тем сильнее сельдь распространяется в восточном направлении. В годы с высоким и средним уровнем запаса она может достигать 177° в.д. При низкой численности часть рыб остаётся в Олюторском заливе; и её нагульный ареал не распространяется восточнее 174° в.д. [Науменко, 2001]. В настоящее время восточной границей распространения корфо-карагинской сельди признается 174 восточный меридиан.

По сложившейся практике, объём вылова корфо-карагинской сельди в прогнозный год сначала определяется для всей популяции, а затем разделяется на 2 части — ОДУ в Карагинской подзоне и рекомендованный вылов в Западно-Берингоморской зоне к западу от 174° в.д. В свою очередь, вылов сельди в Западно-Берингоморской зоне имеет две составляющие: рекомендованный вылов на акватории к западу и востоку от 174° в.д.

Состояние запасов. По результатам авиаучетной и икорной съемки, выполненной в начале мая 2024 г., первые подходы сельди, а также её нерест, начались 5–6 мая. «Пик» икрометания, вероятно, пришёлся на 8–9 мая. Наибольшие по площади нерестилища сельди зарегистрированы в зал. Анапка (табл. 2). В отличие от прошлых лет, нерест сельди был отмечен также у о-ва Шилка, при этом в лагуне Уала икрометание не наблюдали.

Таблица 2

Результаты расчета количества учтенной икры корфо-карагинской сельди в мае 2024 г.

Район	Площадь нерестилищ, км ²			Средняя плотность обикрения субстрата, тыс. икр./м ²	Кол-во учтенной икры, трлн икр.
	Учтенная	Коэффициент обикрения субстрата	С учетом коэффициента		
зал. Корфа	10,42	0,3	3,126	695,025	2,173
зал. Анапка	70,09	0,3	21,03	1624,200	34,152
зал. Уала	30,26	0,3	9,08	1870,350	16,979
зал. Кичигинский	5,30	0,3	1,59	2103,425	3,344
б. Тымлат	1,17	0,8	0,94	887,850	0,831
Всего	117,24		35,766		57,479

Наибольшая средняя плотность обикрения субстрата зарегистрирована в зал. Анапка (табл. 2). В итоге, именно в этом заливе учтено наибольшее количество икры сельди, а суммарно во всех районах — 57,479 трлн икр., что является максимальным показателем, начиная с 2010 г.

Площадь акватории в зал. Уала, где был обнаружен массовый замор сельди, составила 999,170 м². При плотности рыб, равной 250 экз./м², общая численность погибших рыб составила 249,793 тыс. экз. По результатам ПБА,

82,5% рыб имели гонады с невыметанными половыми продуктами. Следовательно, порядка 206,079 тыс. рыб погибли, не успев отнереститься.

Несмотря на выполненные массовые промеры и полные биологические анализы, получить объективные данные о средней массе производителей, соотношении полов не представилось возможным. Отсутствуют данные и об индивидуальной абсолютной плодовитости рыб. В этой связи, как и в 2019–2020, 2022 гг. указанные показатели приняли равными среднемноголетним величинам за 2010–2018 гг.

В результате расчетов, нерестовый запас корфо-карагинской сельди в 2024 г., с учетом погибших в результате замора производителей, составил 653,8 тыс. т, что является максимальным показателем, начиная с 2010 г.

К полученной величине следует относиться с известной долей критики, поскольку сделан ряд существенных допущений. Тем не менее, рост ресурсов сельди по сравнению с 2020, 2022 гг. очевиден, и в настоящее время запасы, по-видимому, находятся на высоком уровне.

Что касается межгодовой динамики нерестового запаса корфо-карагинской сельди, то после «пика» биомассы, который пришелся на 2011 г., к 2013 г. отмечено резкое снижение ресурсов, что, вероятно, связано с высокой естественной смертностью сельди на нерестилищах, а также возможным недоучетом запаса (рис. 2). Подтверждением первому служат наблюдавшиеся в 2011–2013 гг. «заморы» сельди на нерестилищах [Бонк, Агафонов, 2013]. В 2014–2020 гг. нерестовый запас то снижался, то увеличивался, однако, четко прослеживался тренд на снижение ресурсов, и в 2020 г. биомасса производителей составила 208,0 тыс. т, что является минимальным показателем, начиная с 2011 г. По результатам исследований в 2022 и 2024 гг. отмечен очередной период роста ресурсов.

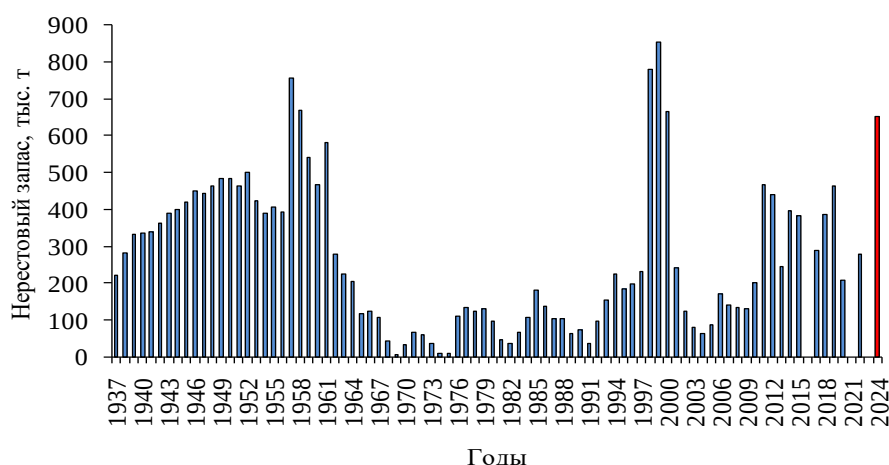


Рис. 2. Межгодовая динамика нерестового запаса корфо-карагинской сельди по результатам авиаучетных и икорных съёмов

Некоторые сведения о биологическом состоянии корфо-карагинской сельди на нерестилищах в 2010–2015 гг. и 2017–2020, 2024 гг., полученные от погибших в результате заморов особей, представлены в таблице 3.

Некоторые сведения о биологическом состоянии корфо-карагинской сельди на нерестилищах

Год	Длина, см*	Масса, г	Кол-во анализов
2011	29,5-38,0/34,2	260-580/430	150
2012	27,0-39,0/33,2	180-654/398	163
2013	28,5-37,0/33,6	206-480/378	54
2014	28,5-37,0/33,5	222-566/411	86
2015	29,5-38,0/34,0	240-635/448	164
2017	28,0-38,0/32,0	238-532/348	150
2018	29,0-38,0/33,0	205-560/370	173
2019	28,0-33,0/30,6	250-420/337	26
2020	28,0-35,0/32,0	240-530/370	115
2024	28,0-38,0/33,0	—	312

* — мин.-макс./ср.

По результатам контрольных тралений, выполненных в Карагинской подзоне в апреле–мае 2020 и 2023 гг. во время ихтиопланктонных съемок по оценке запасов минтая, в уловах встречалась, в основном, молодь сельди в возрасте 1–3 года (рис. 3). Обращает на себя внимание абсолютное доминирование в 2023 г. рыб поколения 2021 г. Можно предположить повышенную урожайность сельди этого годового класса.

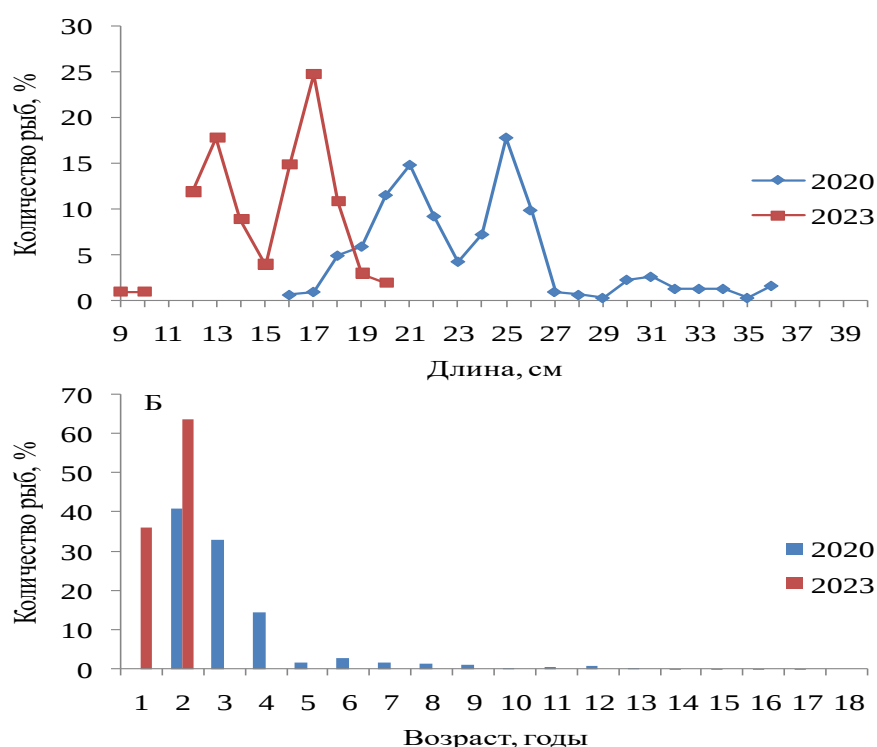


Рис. 3. Размерный (А) и возрастной (Б) состав корфо-карагинской сельди по результатам контрольных тралений, выполненных в Карагинской подзоне в апреле–мае 2020 и 2023 гг. во время ихтиопланктонных съемок по оценке запасов минтая

В 2023 г. при обосновании ОДУ на 2025 г. прогнозировалось, что в 2024 г. общий запас составит 454,8 тыс. т, а нерестовый — 389,5 тыс. т.

По результатам модельных расчетов, выполненных в 2024 г. с учетом новой информации о состоянии нерестового запаса и составе промысловых уловов, общий запас корфо-карагинской сельди в возрасте 4–13 лет на начало 2024 г. составил 872,8 тыс. т, а нерестовый — 623,4 тыс. т (рис. 4), что существенно выше полученных ранее оценок.

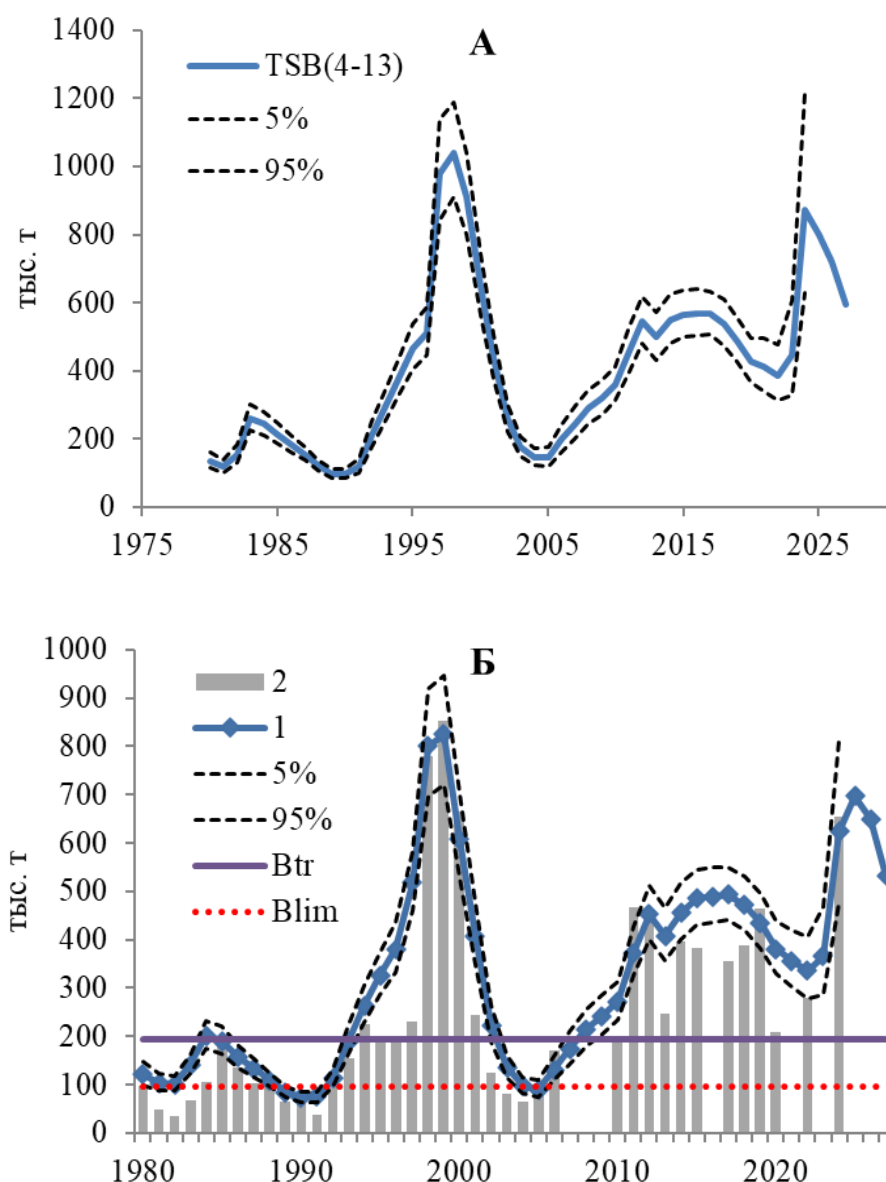


Рис. 4. Межгодовая динамика биомассы общего (А) и нерестового (Б) запаса корфо-карагинской сельди (1 — модельные оценки, 2 — результаты авиаучетных, икорных съемок), проценти́ли бутстреп-распределения оценок

После снижения запасов в 2017–2020 гг., обусловленного отсутствием после урожайных поколений 2009–2010 гг. мощных годовых классов (рис. 5), а также естественной элиминацией рыб и воздействием промысла, в 2021–2022 гг. наметилась стабилизация запаса, а после 2023 г — его рост. По

имеющимся на 2024 г. данным, поколение 2016 г. оценивается, как неурожайное, 2017–2018 гг. — ниже среднегогодового, 2019 г. — выше среднегогодового уровня, 2020 г. — как урожайное. Неопределенность в оценке терминального пополнения достаточно высока.

Сведения о межгодовой динамике коэффициентов промысловой смертности представлены на рисунке 6.

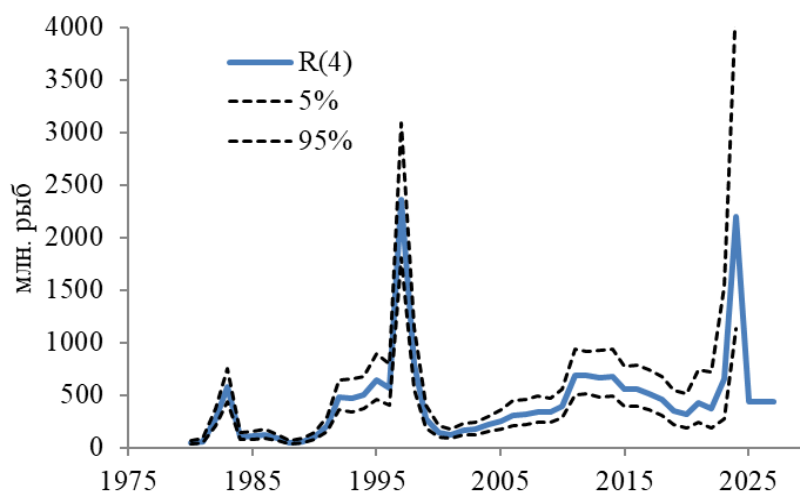


Рис. 5. Межгодовая динамика численности пополнения промыслового запаса корфо-карагинской сельди и процентиля бутстреп-распределения ее оценок

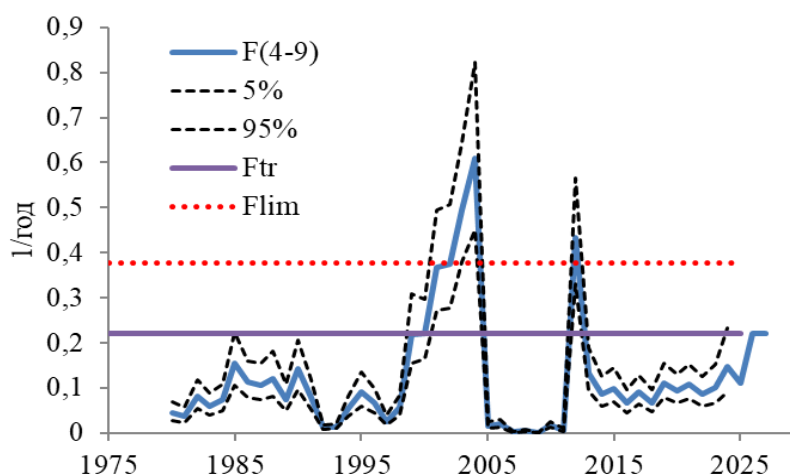


Рис. 6. Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности (F_{bar}) наиболее представленных в уловах возрастных групп (4+–9+) корфо-карагинской сельди

С помощью процедуры условного непараметрического бутстрепа с зашумлением всех индексов оценивались вероятностные характеристики полученных оценок — средние, среднеквадратические отклонения и доверительные интервалы. Найденные методом процентиля интервальные оценки (рис. 4-6) свидетельствуют о сравнительно небольшом разбросе оценок популяционных параметров.

Промысел. Промышленную эксплуатацию ресурсов корфо-карагинской сельди начали со второй половины 1930-х гг. Первые 20 лет существования

промысла уловы нарастали медленно. К концу 1950-х — началу 1960-х гг. при использовании траловых орудий лова уловы сельди достигли исторического максимума, соответственно, 100–260 тыс. т (рис. 7).

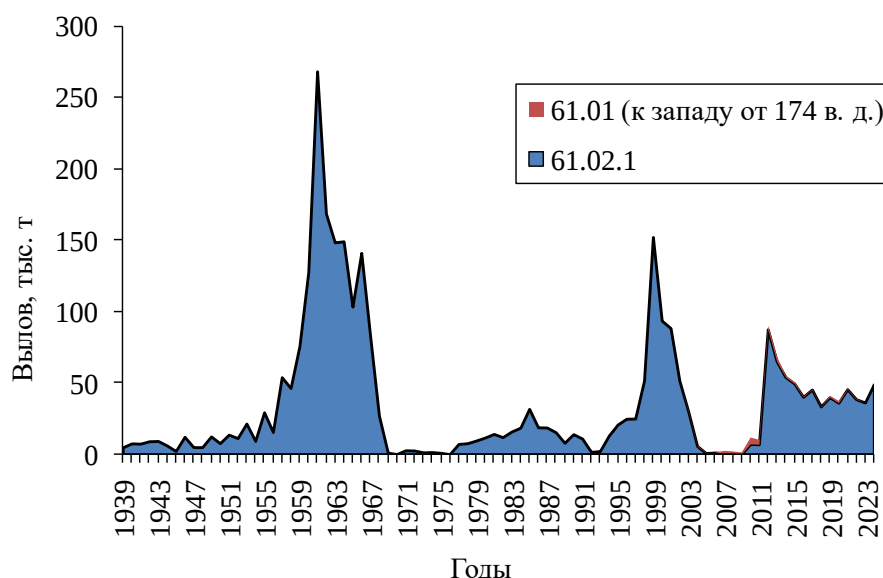


Рис. 7. Межгодовая динамика вылова корфо-карагинской сельди

Начиная с 1970 г., после введения запрета промысла, на протяжении долгого периода существовал ограниченный, щадящий режим лова. К 1998 г. запас достиг максимальной величины и составил 1272 тыс. т, что повлияло на вылов — 152,2 тыс. т. Далее, из-за отсутствия в популяции урожайных поколений и нерационального промысла, запасы корфо-карагинской сельди резко снизились, что привело к введению в 2005 г. очередного запрета на ее промышленный лов. Изъятие сельди было возможно только в качестве прилова при промысле других видов рыб в Западно-Беринговоморской зоне, а также во время проведения научно-исследовательских работ.

В 2011 г. закончился очередной период запрета промысла корфо-карагинской сельди, и уже в следующем году ее вылов увеличился почти в 9 раз и достиг 90,4 тыс. т. Далее, в связи с сокращением ресурсов этого вида, вылов постепенно уменьшался, и в 2016–2023 гг. добывалось в среднем 40,8 тыс. т (рис. 7; табл. 4). В 2024 г. вылов сельди составил 49,0 тыс. т или 96,3% ОДУ.

Согласно правилам рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, с 2013 г. специализированный промысел сельди тихоокеанской в Карагинской подзоне разрешен с 1 по 31 января (сезон «А») и с 1 ноября по 31 декабря (сезон «Б»). Основной вылов разноглубинными тралами традиционно приходится на сезон «Б», при этом в 2021 г. и, особенно в 2024 г., значимые объемы осваивались и в сезон «А» (табл. 5). В 2024 г. в январе было добыто около 8,8 тыс. т (18,3% общегодового вылова) сельди, а в ноябре–декабре — 39,2 тыс. т (81,7%).

Таблица 4

**Межгодовая динамика ОДУ (тыс. т), вылова (тыс. т) и освоения ОДУ (РВ) (%)
корфо-карагинской сельди**

Год	Карагинская подзона			Западно-Беринговоморская зона (западнее 174° в.д.)			Всего		
	ОДУ	Вылов	Освоение	РВ	Вылов	Освоение	ОДУ+РВ	Вылов	Освоение
2015	59,2	49,600	83,8	1,0	1,333	133,3	60,2	50,933	84,6
2016	53,9	40,227	74,6	1,0	0,562	56,2	54,9	40,789	74,3
2017	50,8	45,330	89,2	1,0	0,413	41,3	51,8	45,743	88,3
2018	48,1	33,501	69,6	1,0	0,383	38,3	49,1	33,884	69,0
2019	45,4	45,067	99,3	1,0	0,944	94,4	46,4	46,011	99,2
2020	45,4	38,329	84,4	1,2	1,523	126,9	46,6	39,852	85,5
2021	45,9	45,623	99,4	0,7	0,503	71,9	46,6	46,126	99,0
2022	39,5	37,252	94,3	0,8	0,454	56,8	40,3	37,706	93,6
2023	36,9	36,272	98,3	0,8	0	0,0	37,7	36,272	96,2
2024	50,1	49,035	97,9	0,8	0,00016	0,02	50,9	49,035	96,3

Таблица 5

**Межгодовая динамика вылова корфо-карагинской сельди разноглубинными
тралами в Карагинской подзоне по сезонам**

Год	Вылов, тыс. т		Общий вылов, тыс. т	Вылов, %	
	Сезон «А»	Сезон «Б»		Сезон «А»	Сезон «Б»
2015	3,882	45,717	49,599		
2016	1,445	38,781	40,226		
2017	1,041	44,288	45,329		
2018	3,457	29,917	33,374		
2019	1,201	43,866	45,067		
2020	0,383	37,945	38,328		
2021	7,689	37,934	45,623		
2022	3,427	33,826	37,253		
2023	4,135	32,137	36,272		
2024	8,785	39,181	47,966		

В Западно-Беринговоморской зоне на акватории к западу от 174° в.д. специализированный промысел вида не ведется, сельдь добывают в качестве прилова на других видах добычи в течение промыслового сезона. Следует добавить, что в 2023–2024 гг. на акватории Западно-Беринговоморской зоны к западу от 179°00 в.д. промысел сельди был запрещен.

Что касается межгодовой динамики улова на единицу усилия, стандартизированного по GLM, то до 2019 г., включительно, он увеличивался, в 2020 г. — уменьшился, а в 2021–2024 гг. — был примерно на одном уровне (рис. 1).

Поскольку в январе 2024 г. исследования на промысле сельди в Карагинской подзоне не проводились, допустили, что в этом месяце размерный состав сельди был аналогичным тому, который наблюдали в декабре 2023 г. В это время в уловах встречались рыбы длиной 23–39 см, а преобладали особи размерных групп 31–35 см (70,0%) (рис. 8). В ноябре 2024 г. основу уловов составляли рыбы двух размерных групп: 25–29 см

(33,0%) и 31–35 см (50,7%). В декабре маломерные особи в уловах не встречались, а доминировали рыбы размерных групп 30–34 см (72,5%).

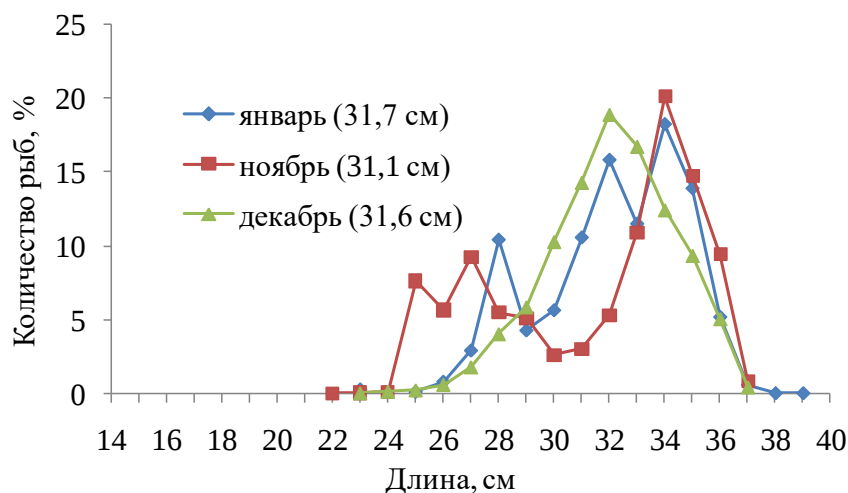


Рис. 8. Размерный состав сельди в траловых уловах в Карагинской подзоне в январе, ноябре–декабре 2023 г.

Итоговый размерный состав сельди рассчитывали с учетом вылова по месяцам, возрастной — по среднегодовому размерно-возрастному ключу.

Таким образом, в путину 2024 г. в промысловых траловых уловах встречались рыбы длиной 15–39 см в возрасте 2+–18+ лет, а доминировали особи двух размерных групп 24–26 см (14,7%) и 31–35 см (59,4%), возрастных — 4+ (12,9%) и 8+ (15,7%) (рис. 9).

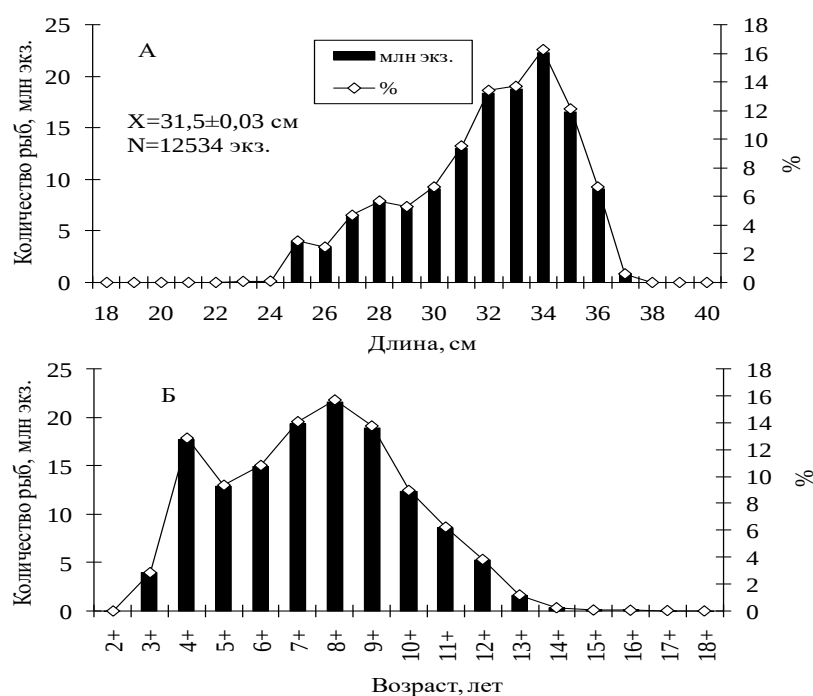


Рис. 9. Итоговый размерный (А) и возрастной состав (Б) корфо-карагинской сельди в промысловых уловах в 2024 г.

Анализируя межгодовую динамику размерного состава сельди в последние 10 лет, отметим, что вплоть до 2020 г. включительно, в промысловых уловах практически отсутствовала молодь, а относительное количество крупных рыб из года в год увеличивалось, что отражалось на средней длине — она постепенно возрастала (рис. 10). В 2021–2023 гг. в уловах впервые отмечены маломерные особи. Закономерно уменьшилась и средняя длина рыб.

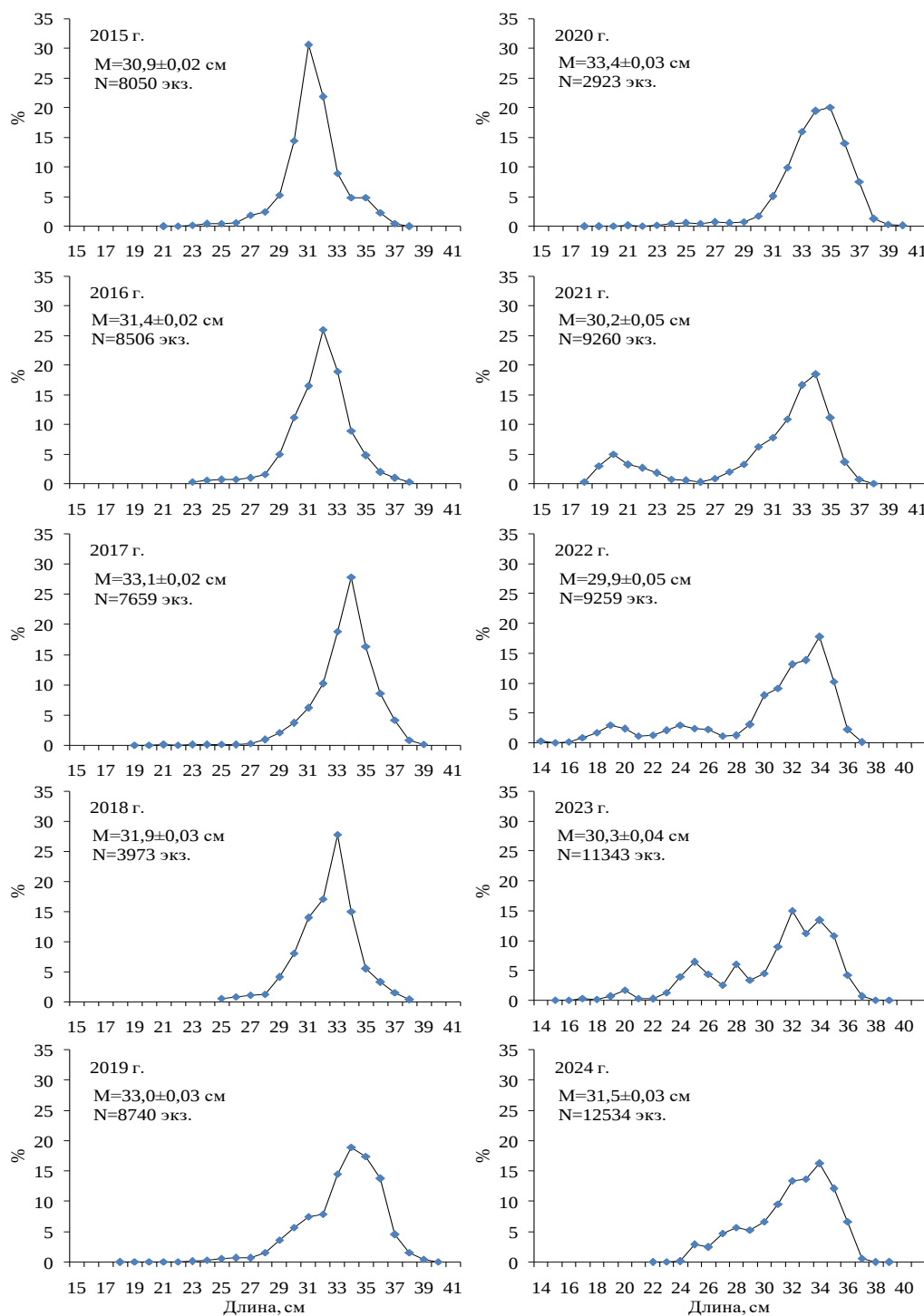


Рис. 10. Межгодовая динамика размерного состава корфо-карагинской сельди в промысловых уловах (указана средняя длина и количество экземпляров)

Говоря о межгодовой динамике возрастного состава сельди в 2015–2024 гг., отметим последовательное доминирование в уловах рыб двух смежных, очевидно, многочисленных поколений 2009–2010 гг. (рис. 11). В 2021–2024 гг. сельдь указанных генераций уже практически вышла из промысла, а доминировали рыбы малочисленных поколений 2013–2016 гг. Обращает на себя внимание относительно высокая доля в последние 4 года особей генераций 2019–2021 гг., что указывает на их повышенную урожайность. Как указывалось выше, поколение 2021 г. выделялось повышенной численностью по результатам контрольных тралений в мае 2023 г. (рис. 3).

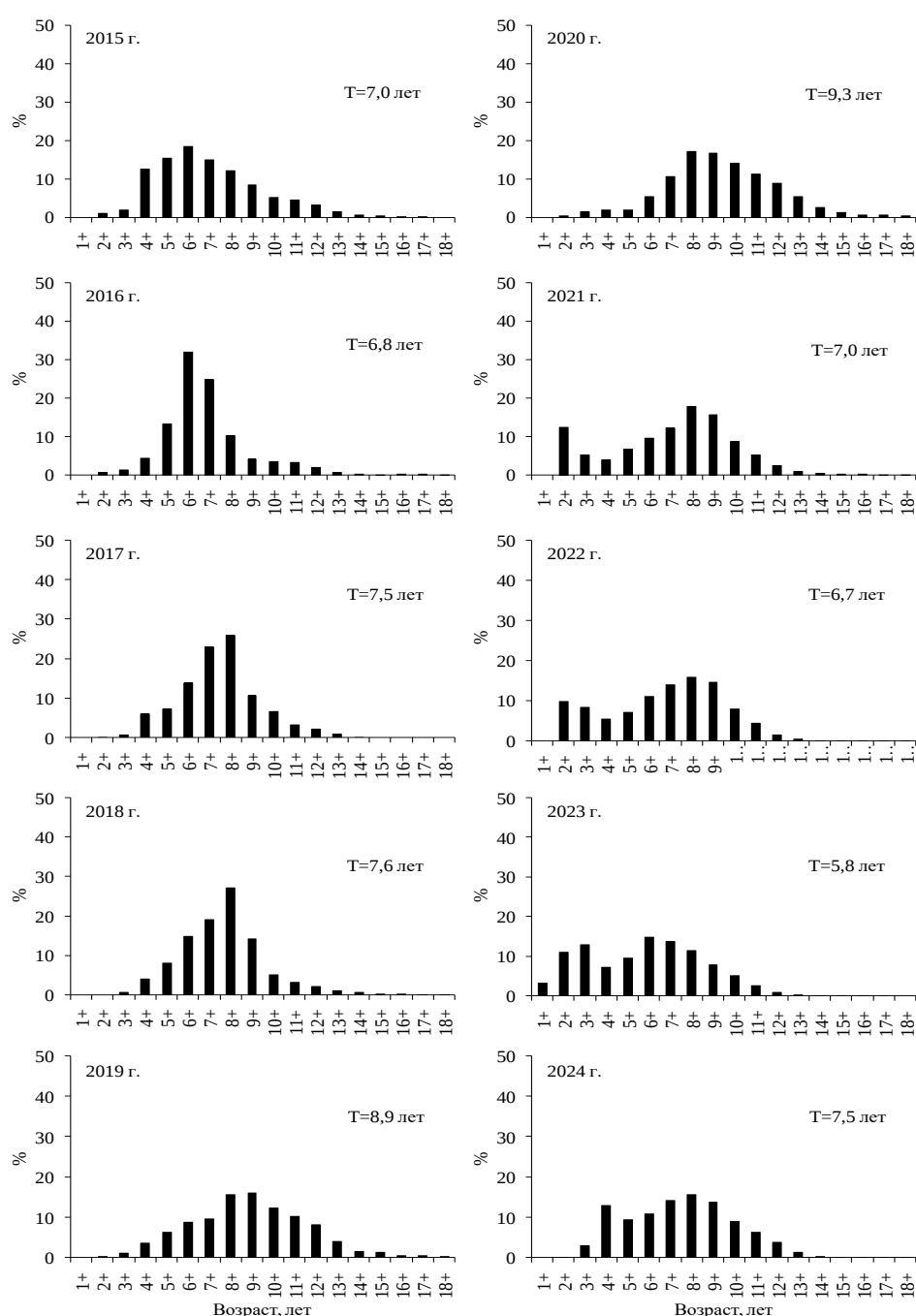


Рис. 11. Межгодовая динамика возрастного состава корфо-карагинской сельди в промысловых уловах (указан средний возраст рыб)

Таким образом, в последние 10 лет промысел базировался на рыбах двух, очевидно, урожайных генераций 2009–2010 гг., которые к 2021–2024 гг. практически вышли из промысла. Поколения 2019–2021 гг. оцениваются выше среднего уровня.

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры для корфо-карагинской сельди были определены в 2014 г., остались они неизменными и в настоящем обосновании.

В связи с тем, что эмпирическая зависимость «запас-пополнение» у корфо-карагинской сельди не может быть удовлетворительно описана ни одной из общеизвестных моделей (рис. 12), в качестве целевого ориентира по промысловой смертности F_{tr} был определен биологический ориентир $F_{med} = 0,221$ 1/год [Бабаян, 2000].

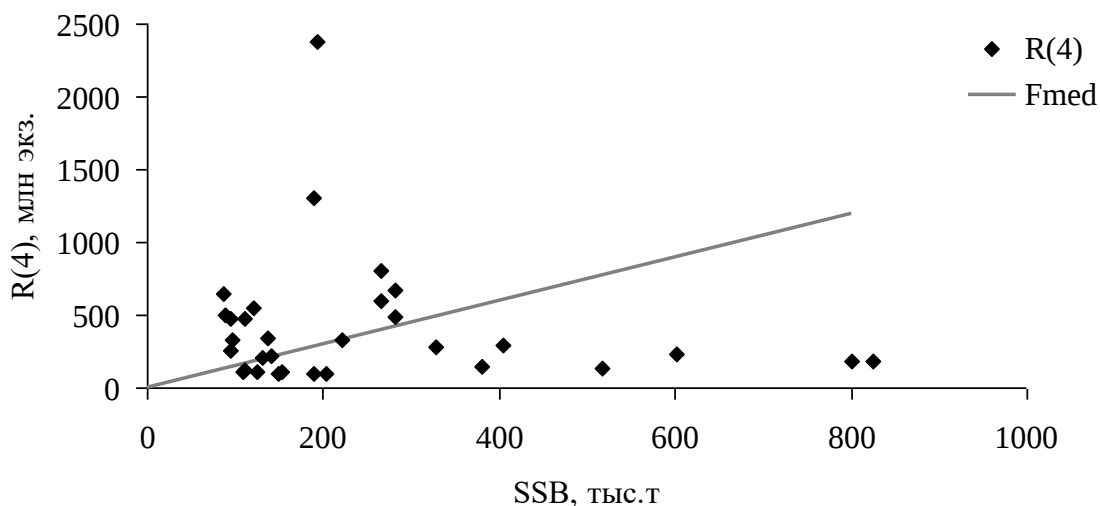


Рис. 12. Связь между модельными оценками нерестового запаса и пополнением корфо-карагинской сельди

Граничный ориентир по промысловой смертности (F_{lim}) определен по методу Кадди [Caddy, 1998] на уровне 0,376 1/год. Величину F_0 , резервирующую объем научно-исследовательского лова, приняли равной $0,1 \times F_{tr} = 0,022$ 1/год.

Целевой ориентир управления по нерестовой биомассе ($B_{tr}=193,2$ тыс. т) определен по методу Томпсона и Бэлла [Thompson, Bell; 1934], как произведение значения равновесной биомассы на единицу пополнения, соответствующего промысловой смертности F_{tr} (рис. 13), на прогнозируемую величину пополнения.

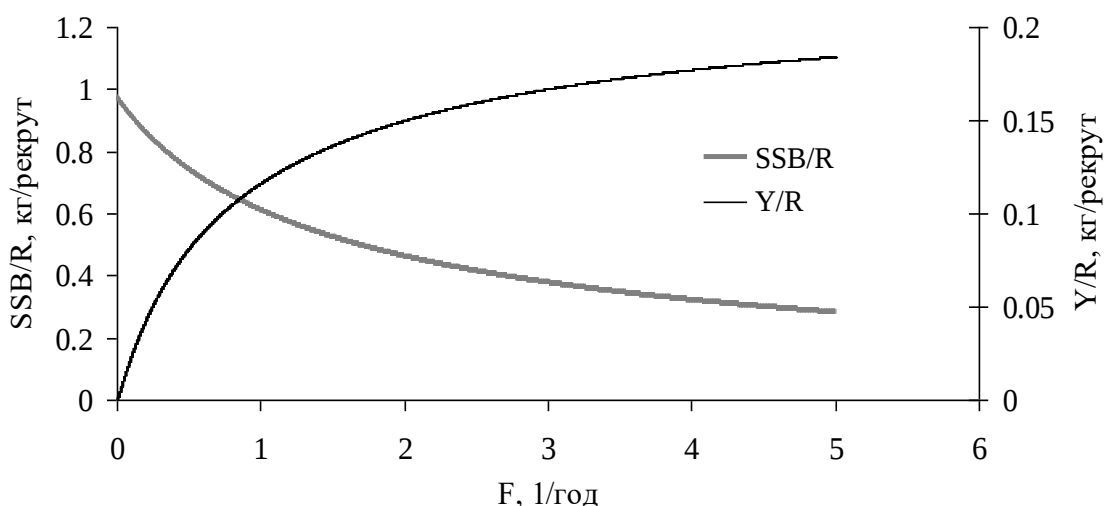


Рис. 13. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе выбрана наименьшая оценка биомассы нерестового запаса корфо-карагинской сельди за ретроспективный период с учетом неопределенности (95%-й процентиль) $B_{lim} = 96,7$ тыс. т. Это тот уровень, с которого наблюдалось восстановление популяции. Указанные ориентиры управления согласуются с существующей практикой [Quinn and Deriso, 1999].

Обоснование правила регулирования промысла

Сформулировано зональное правило регулирования промыслом (ПРП), которое должно способствовать поддержанию и долговременной эксплуатации корфо-карагинской сельди на уровне высокой продуктивности (рис. 14).

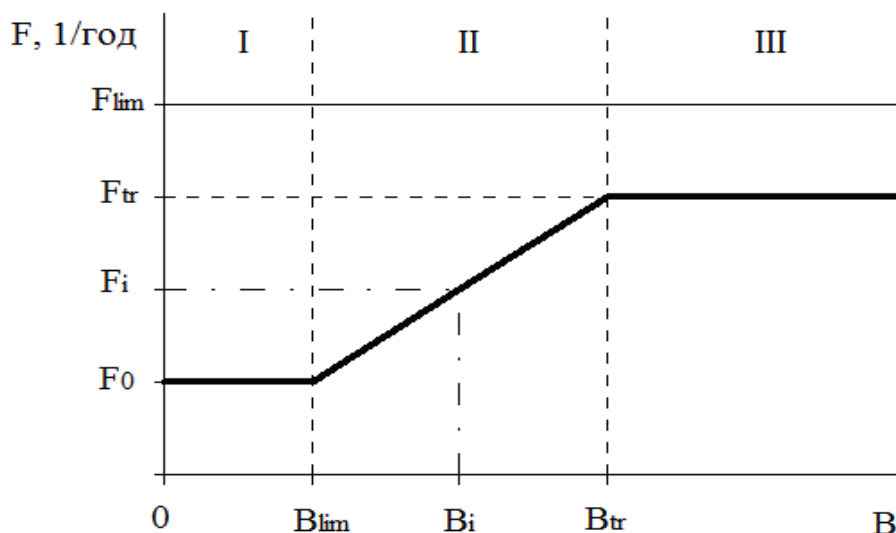


Рис. 14. Схема ПРП корфо-карагинской сельди

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

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

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

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз состояния запаса на 2025 г. выполнили по методике в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000].

Для прогнозирования состояния запаса использовали те же значения мгновенных коэффициентов естественной смертности и селективности, что и в ретроспективе. В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность 4-годовиков (рис. 5). Суперурожайные поколения у корфо-карагинской сельди появляются раз в 15–20 лет, а методик, позволяющих прогнозировать их появление в долгосрочной перспективе, в настоящее время нет. По этой причине, предполагаем, что их появление маловероятно. По прогнозам, в 2025 г. пополнение составит 441,1 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры, оценили биомассу запаса на 1 год вперед (табл. 6). По прогнозам, в 2025 г. общая биомасса сельди составит 800,3 тыс. т, а нерестовая — 696,5 тыс. т, что существенно выше, чем прогнозировалось в 2023 г. — 423,5 и 366,3 тыс. т, соответственно.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На начало 2025 г. биомасса нерестового запаса составит 696,5 тыс. т, что соответствует режиму III (эксплуатация восстановленного запаса) выбранной схемы управления промыслом (рис. 14). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности будет равно 0,221 год⁻¹.

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом:

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

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — мгновенные коэффициенты естественной смертности,

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

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

Согласно ПРП, вылов корфо-карагинской сельди в 2025 г. может составить 95,8 тыс. т.

Таблица 6

Численность и биомасса корфо-карагинской сельди в возрасте 4–13 лет в 2024–2025 гг.

	Возраст рыб, лет										Всего
2024	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Численность на начало года, млн экз.	2194,2	452,9	174,0	131,0	62,7	41,7	31,8	19,5	10,5	4,4	3122,7
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,039	0,078	0,122	0,148	0,226	0,270	0,331	0,449	0,659	0,659	
Средняя масса рыб, кг	0,244	0,308	0,360	0,404	0,442	0,475	0,505	0,532	0,557	0,580	
Биомасса на начало года, тыс. т	535,4	139,5	62,7	52,9	27,7	19,8	16,1	10,4	5,9	2,5	872,9
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	305,2	123,6	60,6	51,9	27,6	19,8	16,1	10,4	5,9	2,5	623,6
2025											
Численность на начало года, млн экз.	441,1	1501,3	299,8	110,1	80,1	35,1	22,0	15,4	8,2	3,5	2516,6
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,058	0,118	0,184	0,222	0,339	0,405	0,498	0,675	0,990	0,990	
Средняя масса рыб, кг	0,244	0,308	0,360	0,404	0,442	0,475	0,505	0,532	0,557	0,580	
Биомасса на начало года, тыс. т	107,8	462,2	107,9	44,4	35,4	16,7	11,1	8,2	4,6	2,0	800,3
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	61,4	409,5	104,3	43,5	35,2	16,7	11,1	8,2	4,6	2,0	696,5
ОДУ, тыс. т	5,1	43,9	15,4	7,5	8,6	4,7	3,7	3,4	2,4	1,1	95,8

Анализ и диагностика полученных результатов

При обосновании величины ОДУ анализ эффективности выбранной схемы регулирования проводится с помощью процедуры риск-анализа [Francis, Shotton, 1997]. Определили вероятность нежелательных последствий для запасов при реализации данной стратегии рыболовства. Процедура риск-анализа заключается в следующем. Методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] произвели заданное пользователем число генераций случайных ошибок для стартовых численностей годовых классов, массы, доли зрелых рыб, коэффициентов селективности и значений пополнения в прогнозные годы. В качестве стартовых используются численности годовых классов, зашумленные путем внесения логнормальной ошибки со стандартным отклонением, оцененным по методу бутстрепа в модели «Синтез». Значения пополнения в прогнозные годы «зашумляются» с учетом логнормального распределения ошибки параметров связи «запас-пополнение» и биомассы производителей, при этом значения факторов среды предполагаются равными среднемноголетним. Далее, численности поколений экстраполируются на последующий год по формуле:

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} * \exp(-F_{i-1,j-1} - M_{j-1}),$$

где коэффициенты промысловой смертности F соответствуют тестируемой стратегии рыболовства. При этом коэффициенты селективности зашумляются внесением логнормальной ошибки со стандартным отклонением, оцененным по методу бутстрепа в модели «Синтез». Далее, прогнозная оценка нерестовой биомассы рассчитывается путем суммирования численности годовых классов, умноженных на соответствующие значения массы и доли половозрелых рыб. Затем осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса корфо-карагинской сельди не опустится ниже граничного ориентира по биомассе V_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 15). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha=0,1$. Следовательно, действующая стратегия управления не повредит запасу.

Результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия также подтверждают эффективность предлагаемой стратегии промысла.

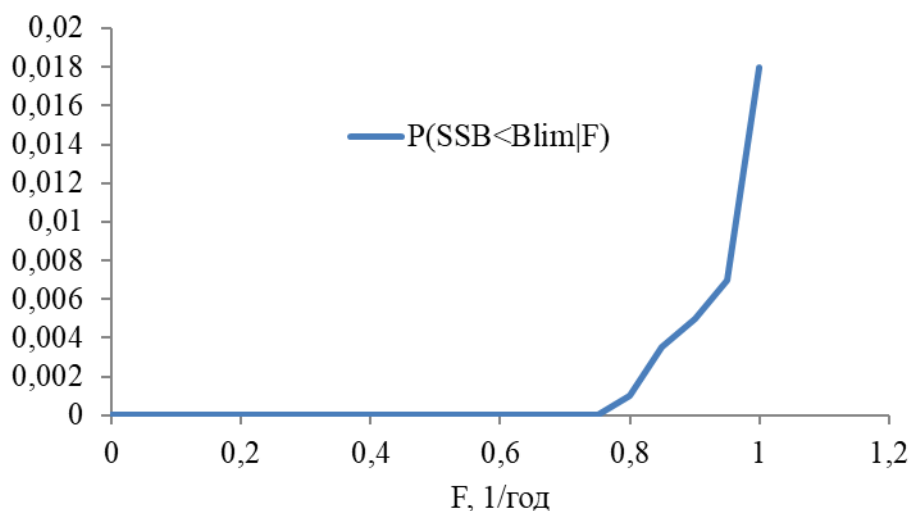


Рис. 15. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Как видно на рисунке 16, при соблюдении ПРП запас корфо-карагинской сельди с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет несколько выше целевого ориентира B_{tr} . На основании результатов имитационного моделирования можно заключить, что в долгосрочной перспективе стратегия управления приемлема.

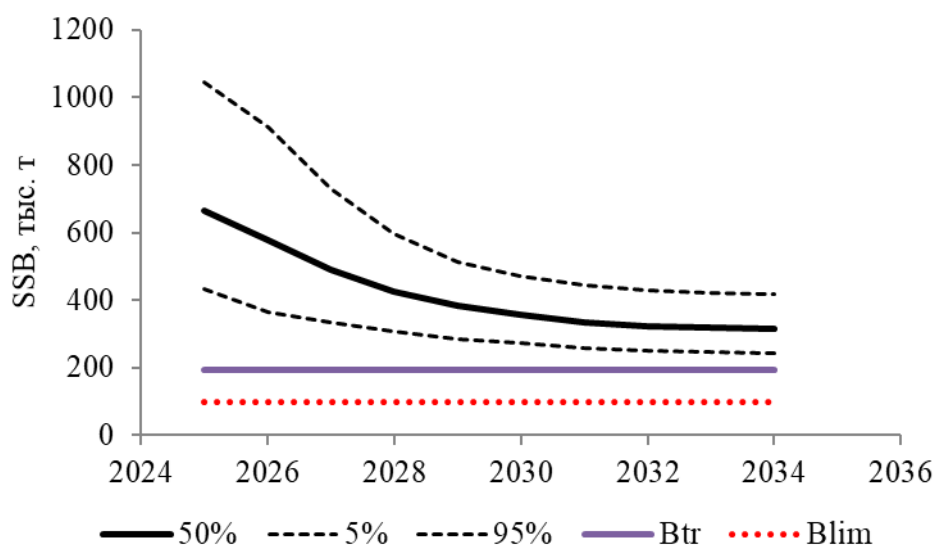


Рис. 16. Модельная динамика биомассы нерестового запаса корфо-карагинской сельди при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 17.

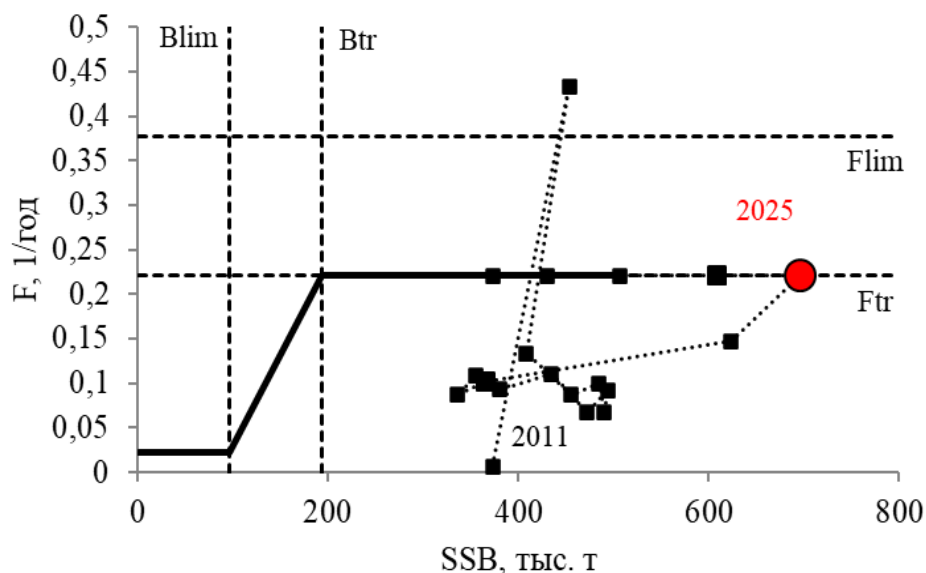


Рис. 17. Реализация правила регулирования промысла корфо-карагинской сельди

Как и в 2023–2024 гг., в 2025 г. приказом Минсельхоза РФ в Западно-Беринговоморской зоне на акватории к западу от $179^{\circ}00'$ в.д. специализированный промысел сельди запрещен. В этой связи, можно предположить, что на акватории указанной зоны к западу от $174^{\circ}00'$ в.д. сельдь добывать не будут. Следовательно, весь вылов целесообразно рекомендовать для освоения только в Карагинской подзоне.

По сведениям из ОСМ, в январе 2025 г. добыто около 5,9 тыс. т. Принимая во внимание, что основной вылов корфо-карагинской сельди традиционно приходится на ноябрь–декабрь, полагаем, что скорректированный в большую сторону объем ОДУ будет освоен в полном объеме.

Таким образом, с учетом новых данных о состоянии запасов данного вида **ОДУ сельди тихоокеанской в Карагинской подзоне в 2025 г. увеличивается на 45,700 тыс. т и составит 95,800 тыс. т (с 50,100 до 95,800 тыс. т).**

61.05 – Зона Охотское море

61.05.1 – Северо-Охотоморская подзона

Исполнители: А.М. Панфилов («МагаданНИРО»), Д.А. Васильев (ФГБНУ «ВНИРО»), А.А. Дуленин («ХабаровскНИРО»)

Куратор: А.А. Смирнов (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Настоящий прогноз составлен на основании первичных материалов, полученных при проведении следующего комплекса работ:

- в период с 12 мая по 15 июня 2023 г. на акватории Северо-Охотоморской подзоны в Тауйской губе (Ольский район Магаданской области) и в бухтах Тунгусская и Круглая и в лимане р. Кухтуй (Охотский район Хабаровского края), в режиме мониторинга и НИР был осуществлен сбор материалов по биологическому состоянию нерестовой сельди;

- на реперной точке в Ольской лагуне (Тауйская губа) с 04 по 20 мая 2023 г. проведён авиаучет нерестовой сельди с помощью БПЛА «DJI MINI 2»; икорная съемка (11 станций) и сбор материалов по биологическому состоянию нерестовой сельди;

- в период с 12 мая по 12 июня 2023 г. на участке охотоморского побережья от пос. Охотск до р. Марекан проведена аэрофотосъемка нерестилищ нерестовой сельди с помощью БПЛА «DJI MINI 2». Для определения площадей нерестилищ было выполнено 107 погружений ТНПА «Qysea Fifish V6».

На полный биологический анализ взято 2200 экз., на массовый промер – 7277 экз. сельди. Возраст определен у 1346 экз. Для определения плодовитости отобрано 425 проб.

При составлении прогноза также использованы данные, полученные в 2001-2020 гг. на контрольном и научно-исследовательском лове и в режиме госмониторинга промысла преднерестовой, нерестовой и нагульной сельди, и многолетние данные за период 1990-2000 гг., а также материалы учетной съемки в Северо-Охотоморской подзоне на НИС «Дмитрий Песков» в августе–сентябре 2021 г. [Отчёт «Биологические ресурсы шельфа северной части Охотского моря, 2021] и материалы мониторинговых исследований на СРТМ «Си Хантер» в Охотском море в июне–октябре 2022 г. и в сентябре 2023 г.

Сверка расположения и размеров нерестилищ проведена по сводному отчету «Паспортизация естественных нерестилищ охотской сельди в северо-западной части Охотского моря» [Фархутдинов и др., 1996] и по координатам станций водолазных икорных съемок, выполненных в нерестовом ареале охотской сельди в 2010-2020 гг.

При уточнении оценки численности младших возрастных групп, вступающих в промысловый запас (в первую очередь особей в возрасте 3 полных года), использовались данные, полученные в ходе траловых комплексных съемок Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») в Охотском море на НИС «Профессор Кагановский» в марте–мае 2022 г., в апреле–мае 2012-2018, 2020 и 2023 гг. и в октябре–ноябре 2015 г., а также на НИС «ТИНРО» в марте–июле 2019 г.

Для дистанционного контроля состояния нерестового ареала в период нерестового хода 2023 г. использовались спутниковые снимки сайта NASA <https://worldview.earthdata.nasa.gov> и программа GoogleEarthPro, а также космоснимки сайта НИЦ «Планета» <https://planet.iitp.ru>.

При подготовке прогноза использованы материалы, собранные и обработанные сотрудниками «МагаданНИРО» Панфиловым А.М., Кащенко Е.В. и сотрудниками «ХабаровскНИРО» Дулениным А.А., Поваровым А.Ю., Шаленко В.Н., Пономаревым А.С. и Немченко А.Ю. Расчет запаса по модели TISVPA произведен сотрудником ЦИ «ВНИРО» Д.А. Васильевым.

Статистика промысла сельди в Северо-Охотоморской подзоне получена от Сектора анализа промысла МагаданНИРО, Амурского и Охотского ТУ Росрыболовства, а также из ССД Отраслевой Системы Мониторинга (ОСМ). Информационное обеспечение прогноза по сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне соответствует I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

До 2020 г. включительно при расчете нерестового запаса сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне применялся метод прямого учета отложенной в период нереста икры, основанный на материалах икорных водолазных съемок и авиаучета. Данный метод позволяет получить максимальный объем фактического материала и традиционно применяется при оценке запаса сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне [Фархутдинов, 2005; Метелев и др., 2023].

В 2022-2023 гг. авиаучетные работы на пилотируемых летательных аппаратах по нерестовому ареалу сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне не проводились. В районах Ольской губы и пос. Охотск были проведены авиаучетные работы с использованием БПЛА «DJI MINI 2» типа «квадрокоптер» [Дуленин, Свиридов, 2022; Метелев и др., 2023]. Площади нерестилищ в районе Охотска оценивали при помощи ТНПА «Qysea Fifish V6» и мобильных ГИС [Дуленин, Кудревский, 2019; Дуленин, Свиридов, 2022].

Площади нерестилищ и плотность их обывкрения в целом по нерестовому ареалу определены дифференцированно по локальным нерестилищам с использованием многолетних данных (2001-2020 гг.) нереста по I нерестовому типу.

После 2020 г. многолетний ряд наблюдений по тихоокеанской сельди в Северо-Охотоморской подзоне был прерван. Икорная водолазная съемка в

2021 и 2023 гг. не проводилась; съемка 2023 г. дала неоднозначные результаты.

В связи с этими обстоятельствами, в настоящем прогнозе для расчетов запаса сельди в 2025 г. применен новый метод.

Оценка состояния запаса сельди выполнена с использованием модели TISVPA.

В качестве входных данных для расчетов использовались данные по возрастному составу уловов за 1998-2023 гг. Кроме того, были использованы данные по средней массе, долям половозрелых рыб по возрастным группам и оценки мгновенных коэффициентов естественной смертности по возрастным группам. Также в расчетах были использованы данные по уловам на единицу промыслового усилия (т/судосутки) за 2004-2023 гг. судов типа БМРТ, ведущих траловый промысел в нагульный период в Северо-Охотморской подзоне. Данные по уловам на усилие (CPUE) использовались в расчетах в виде индексов численности с возрастной структурой, рассчитанных на основании данных по уловам на судосутки лова с использованием данных по возрастному составу уловов.

Использован вариант модели TISVPA, в котором допускается наличие ошибок как в данных по возрастному составу уловов, так и в сепарабельном описании промысловой смертности. Дополнительно обеспечивается несмещённость сепарабельного описания моделью данных по возрастному составу уловов.

Помимо этого были использованы материалы ОДУ на 2026 г., которые основаны на расчётах с использованием когортную модель (СКМ) в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother – UKS) [Ильин, 2022].

Ретроспективный анализ состояния промысла и запаса

Состояние запаса. В зимовальный и преднерестовый период 2024 г. в промысловых траловых уловах встречалась сельдь длиной от 22,6 до 37,1 см, а преобладали особи размерных групп 28–32 см (53,7%) при среднем значении, равном 28,9 см (рис. 1).

В путину 2024 г. в промысловых траловых уловах встречались рыбы в возрасте 4+–12+ лет, а доминировали особи размерных групп 28–30,5 см (72,0%) в возрасте 7+–9+ лет (73,6%) (рис. 2).

Возрастной состав охотской сельди в нерестовый период 2024 г. был сформирован производителями в возрасте 3-13 полных лет 2011-2021 гг. рождения. Сельдь в возрасте 3 полных лет представлена единичными экземплярами. Относительно небольшая доля производителей в возрасте 3-5 полных лет (в сумме 6,4%), вероятно, связана с пониженным темпом созревания поколений 2019-2021 гг. рождения.

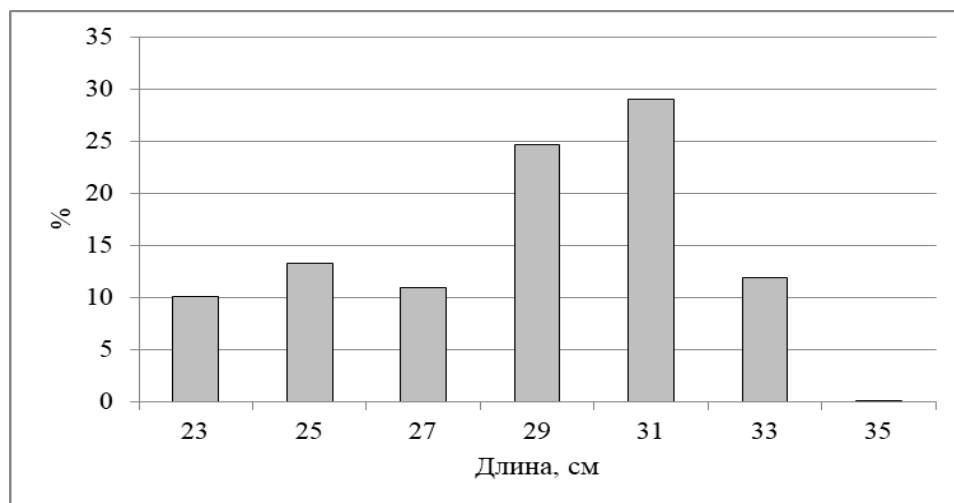


Рис. 1. Размерный состав сельди в траловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне в зимовальный и преднерестовый период 2024 г.

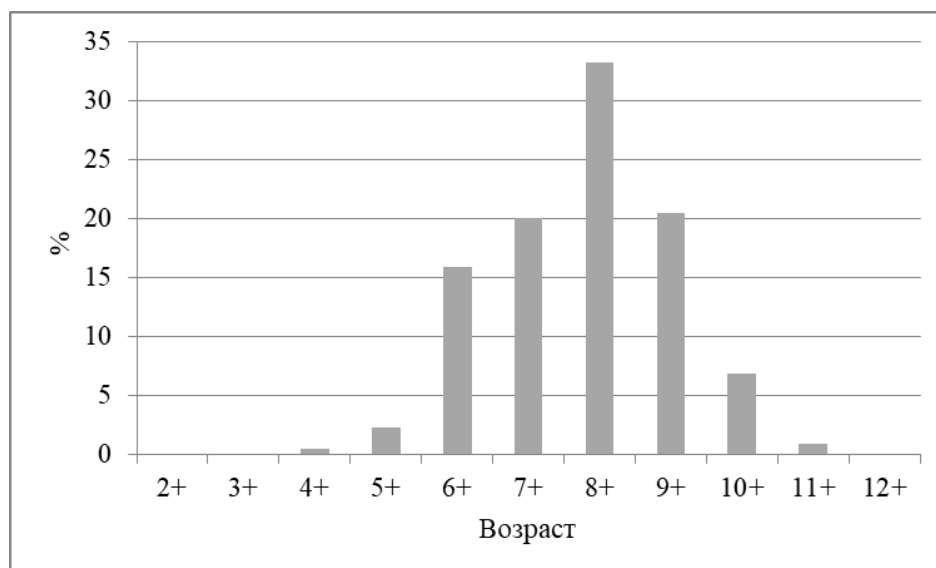


Рис. 2. Возрастной состав сельди в траловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне в зимовальный и преднерестовый период 2024 г.

Основу уловов составили рыбы в возрасте 6-11 полных лет (90,1%). При этом выделяются возрастные классы 9-10 лет, сформированные производителями 2014-2015 гг. рождения (41,3%). Таким образом, два смежных урожайных поколения 2014-2015 гг. рождения продолжают оставаться основой запаса.

Интересно, что в уловах нерестовой сельди уже 9 лет подряд отмечается присутствие производителей в возрасте 13 полных лет. Так, в 2019 г. их доля составила 1,3%, а в 2023 г. достигла максимума и составила 3,2%. Не исключено, что это связано с увеличением выживаемости охотской сельди. Кроме того, показательно, что рыбы в возрасте 13 полных лет в 2022 г. (3,1%) – это остатки сверхурожайного поколения 2009 г. рождения, которое в 2023 г. полностью элиминировало. В уловах 2023 г. рыбы в возрасте 13 лет – это остатки среднеурожайного поколения 2010 г. рождения.

Средний возраст производителей охотской сельди в 2024 г., по сравнению с 2023 г., увеличился и составил 8,56 года (табл. 1). Увеличение среднего возраста объясняется тем, что доля производителей старших возрастных групп (8-10 полных лет), по сравнению с нерестовым стадом 2023 г., увеличилась до 55,6%.

Таблица 1

Средний возраст производителей сельди тихоокеанской из Северо-Охотоморской подзоны в 2011-2024 гг.

Показатель	Год													
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Средний возраст, лет	7,24	7,04	7,45	7,46	7,83	8,60	8,72	7,91	7,87	7,93	8,28	8,44	8,14	8,56

Средняя длина тела по Смитту производителей в уловах увеличилась незначительно – до 29,62 см. При этом средняя масса производителей увеличилось с 254,7 г до 275,3 г. Доля самок в нерестовом стаде охотской сельди обычно незначительно превышает долю самцов. Однако в последние годы самки составляют менее половины от общей численности производителей при среднемноголетнем значении 48,6%. В нерестовом стаде 2024 г. доля самок составила 49,1%.

Урожайность поколений сельди тихоокеанской в значительной степени определяется природными условиями в период нереста. Так в 2023 г. условия нереста сельди в Северо-Охотоморской подзоне были относительно благоприятными, хотя процесс освобождения нерестового ареала ото льда, по сравнению с маем 2022 г., был более длительным. Нерестовый ареал по I типу в классификации Б.В. Тюрнина [1973] был сформирован только к III-й декаде мая. При подобной ситуации не исключено формирование (при относительно высокой численности производителей) многочисленного поколения. Кроме того, доля производителей в возрасте 5-7 полных лет в нерестовом стаде составила 41,5% (в 2022 г. – 35,6%). Таким образом, есть основание полагать, что поколение охотской сельди 2023 г. рождения будет урожайным.

Нерестовый ход 2024 г. имел ряд особенностей. Во-первых, нерестовый ареал по I типу был сформирован чрезвычайно рано. Канал, соединяющий квазистационарную прибрежную Охотскую полынь, полностью открылся уже 7 апреля, а к 29 апреля, на 2 недели раньше среднемноголетних сроков, ареал полностью освободился ото льда. Во-вторых, нерестовые подходы были скоротечными и в значительной степени распределение производителей по нерестилищам отличалось от нормального. В-третьих,

учтенная икорной съемкой численность производителей на основных нерестилищах уменьшилась, по сравнению с 2023 г., на 2 млрд экз. В-четвертых, плотность обикрения нерестового субстрата на основных нерестилищах уменьшилась в 3 раза по сравнению с показателями нереста 2023 г. При таких разнонаправленных показателях прогнозировать урожайность полученного поколения не представляется возможным.

В 2024 г. в **нагульный период** скоплений сельдь была представлена особями с длиной АС от 19 до 35,3 см (средняя длина – 29,9 см). Соответствующий индивидуальный вес особей от 55 до 550 г, средний вес – 279 г (рис. 3 и 4).

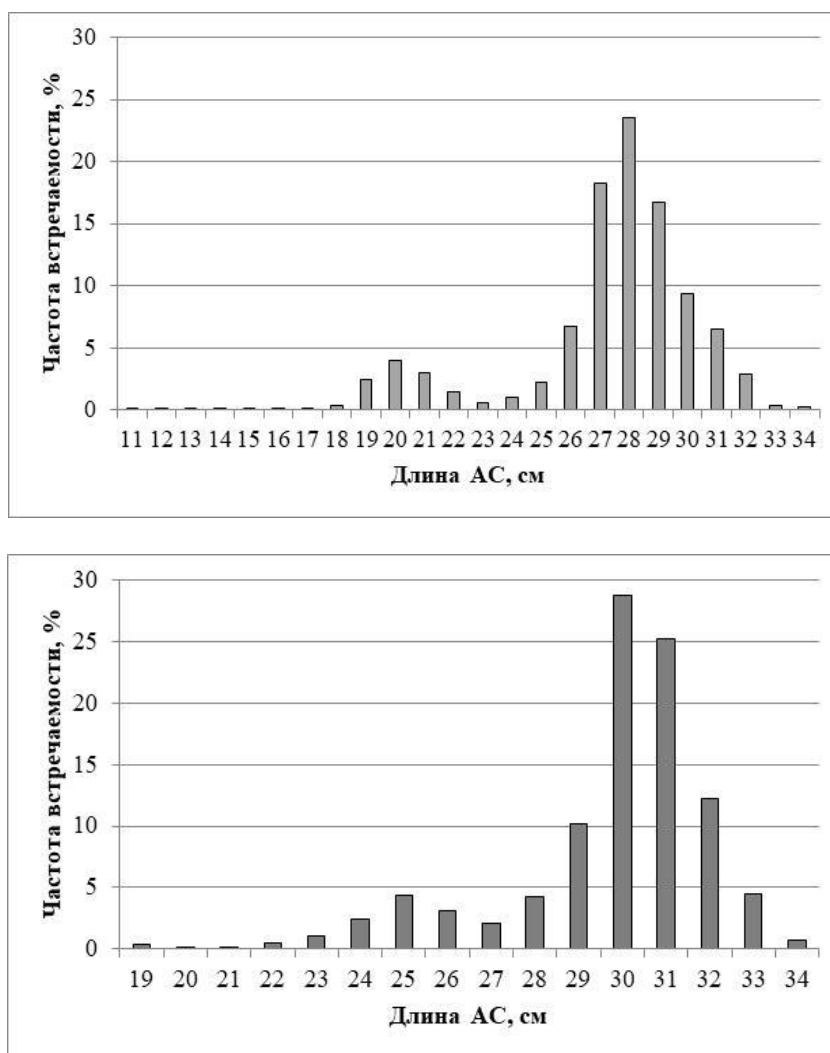


Рис. 3. Размерный состав сельди из траловых уловов в Северо-Охотоморской подзоне в 2023 г. (вверху) и 2024 г. (внизу)

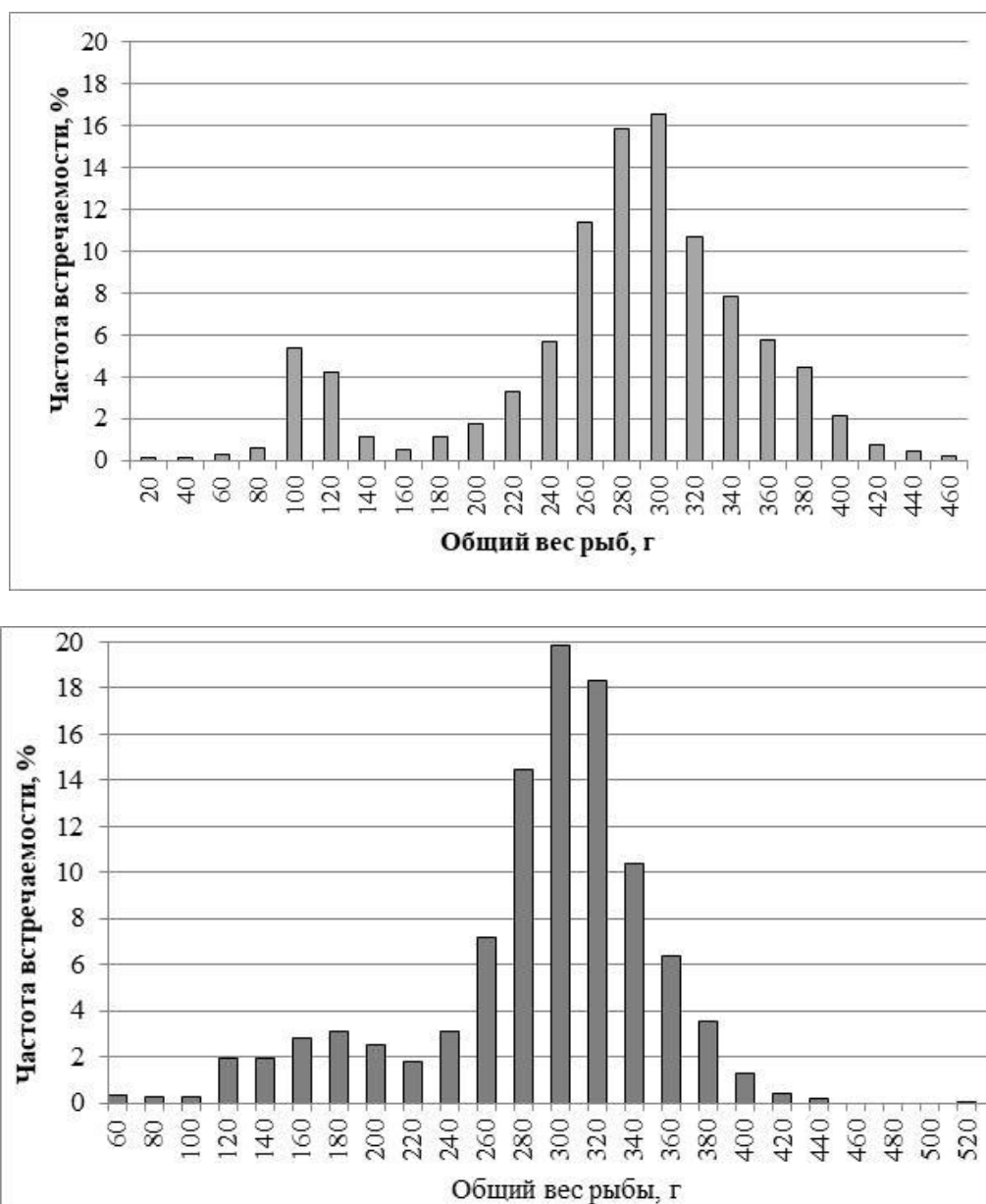


Рис. 4. Весовой состав сельди из траловых уловов в Северо-Охотоморской подзоне в сезон Б в 2023 г. (вверху) 2024 г. (внизу)

После снижения запасов в 2017–2020 гг., обусловленного отсутствием после урожайных поколений 2009–2010 гг. мощных годовых классов, а также естественной элиминацией рыб и воздействием промысла, в 2021–2022 гг. наметилась стабилизация запаса. По имеющимся на 2024 г. данным, поколение 2017 г. оценивается ниже среднеемноголетнего, 2018 г. — выше среднеемноголетнего уровня по урожайности. Неопределенность в оценке терминального пополнения достаточно высока.

Состояние промысла. В текущем столетии в бассейне Охотского моря сельдь тихоокеанская в Северо-Охотоморской подзоне занимает по запасам и объемам вылова второе место после североохотоморского минтая [Панфилов, Смирнов, 2022]. Промысел охотской сельди ведется в зимне-весенний период траловыми судами (зимовальная и преднерестовая сельдь), в весенне-летний период — береговыми ставными и закидными неводами

(нерестовая сельдь) и в осенне-зимний период – траловыми судами (нагульная и предзимовальная сельдь). Суда кошелькового лова в промысле нагульной сельди не участвуют. Однако в последние годы отмечается применение кошелькового невода на промысле нерестовой сельди в прибрежной зоне Охотского района.

Исторического максимума вылов охотской сельди достиг в 1969 г., когда на всех видах промысла было выловлено 471,8 тыс. т [Панфилов, 2017]. В 1976-1990 гг. вылов тихоокеанской сельди в целом резко сократился в результате наступления депрессии охотского стада [Тюрнин, 1980] и введения с 1977 г. 5-летнего запрета на промысел охотской сельди. Со второй половины 90-х гг. прошлого столетия в результате роста запасов и интенсификации тралового промысла вылов охотской сельди вновь увеличился, составив в 1997-2000 гг. в среднем 271,0 тыс. т.

В первой пятилетке XXI века, в связи с очередным снижением запаса, годовой вылов охотской сельди уменьшился, достигнув минимума в 2003 г. (152,2 тыс. т). Последующее увеличение запаса позволило нарастить вылов и с 2011 г. годовой вылов увеличился до максимального за последние годы - 309,5 тыс. т в 2024 г. (табл. 2).

Таблица 2

Вылов и ОДУ сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне в 2011-2024 гг. и рекомендуемое распределение вылова в 2025 г.

Год	Вылов, тыс. т				ОДУ, тыс. т	Освоение ОДУ, %
	зимовальной и преднерестовой	нерестовой	нагульной	всего		
2011	127,8	12,1	137,7	277,6	285,0	97,4
2012	81,2	12,2	144,4	237,8	252,0	94,4
2013	95,9	6,0	135,5	237,4	258,0	92,0
2014	54,6	14,8	156,7	226,1	275,0	82,2
2015	73,2	11,5	159,2	243,9	270,0	90,3
2016	88,0	13,6	150,6	252,2	266,0	94,8
2017	66,5	22,3	145,0	233,8	275,0	85,0
2018	50,8	9,9	179,1	239,8	276,0	86,9
2019	51,2	16,6	151,8	219,6	236,0	93,1
2020	77,3	8,8	168,5	254,6	265,0	96,1
2021	115,3	2,0	136,0	253,3	270,0	93,8
2022	170,0	13,4	123,3	306,7	310,0	98,9
2023	190,9	11,0	88,1	290,0	290,0	100,0
2024	213,1	3,6	88,4	305,1	310,0	98,4
2025*	140,0	25,0	145,0	-	310,0	-
М ₂₀₁₁₋₂₀₂₄	104,0	11,3	140,3	255,6	274,1	93,1
М ₂₀₂₁₋₂₀₂₄	172,3	7,5	109,0	288,8	295,0	97,8

Примечание: * - рекомендуемый вылов

В настоящее время вылов зимовальной и преднерестовой сельди (в январе-апреле) в Северо-Охотоморской подзоне продолжительность тралового промысла сельди ограничена I декадой апреля. В действующих «Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного

бассейна» (приказ Минсельхоза от 06.05.2022 г. № 285) период запрета тралового промысла определён с 15 апреля по 31 августа (п. 28.2).

В целом, промысел зимовальной и преднерестовой охотской сельди в текущем столетии ведется достаточно интенсивно и вылов сельди в январе – апреле в значительной степени определяет и весь объем годового улова [Панфилов, 2017]. При этом с момента развития морского тралового промысла сельди большая часть годового вылова традиционно приходилась на второе полугодие, – на нагульную и предзимовальную сельдь. Однако в начале текущего десятилетия произошла смена промысловой доминанты, и вылов сельди в Северо-Охотоморской подзоне в январе – апреле начал стремительно расти. Это наглядно показывает распределение годового вылова в 2020-2024 гг. (табл. 3). Морской траловый вылов зимовальной и преднерестовой сельди в 2024 г. достиг исторического максимума и составил 213,1 тыс. т. Ход тралового промысла сельди в январе текущего года показывает, что этот рекордный показатель может быть превышен (табл. 4).

Таблица 3

Межгодовая динамика возрастного состава охотской сельди в промысловых траловых уловах

Год	Возраст, лет										
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+
2011		0,2	4,1	27,1	11,9	13,9	8,5	19,2	4,7	9,8	0,6
2012		0,0	0,3	13,4	42,8	12,2	10,0	7,3	8,9	3,0	2,2
2013		0,5	3,6	2,6	26,6	28,1	10,2	15,0	5,4	7,4	0,6
2014		0,5	0,8	15,1	10,1	28,3	22,5	8,2	8,7	3,5	2,3
2015		0,1	2,7	7,2	20,4	10,2	22,5	19,8	6,9	8,2	2,0
2016		0,1	0,5	4,3	8,7	17,4	8,7	27,5	21,9	4,5	6,4
2017		2,0	1,9	2,1	6,5	8,0	24,2	15,2	24,6	12,5	3,2
2018		0,8	11,0	8,4	5,5	12,6	13,4	25,2	11,0	9,3	2,8
2019		0,1	7,1	17,0	14,1	5,1	12,2	10,4	21,2	8,9	3,9
2020		0,1	1,9	11,9	28,3	13,1	4,9	9,5	8,7	17,9	3,7
2021		0,1	1,6	4,4	18,8	17,9	12,4	10,7	17,8	10,7	5,6
2022		0,3	1,9	7,3	9,5	19,9	18,8	11,4	11,1	12,6	7,1
2023		0,1	0,7	11,2	15,1	16,6	16,9	14,1	12,8	7,6	4,9
2024	0,24	0,4	3,76	6,56	3,08	8,08	27,45	31,13	13,49	4,28	1,52

Таблица 4

Вылов и освоение годового ОДУ сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне в январе–апреле 2020-2025 гг.

Год	2020	2021	2022	2023	2024	2025*
Вылов, тыс. т	77,3	115,3	170	190,9	213,1	89,9
Освоение годового ОДУ, %	29,2	42,7	54,8	65,8	68,7	29,0
ОДУ, тыс. т	265,0	270,0	310,0	290,0	310,0	310,0

* -по состоянию на 26.01.2025 г.

Столь значительное увеличение вылова сельди в январе–апреле может привести к неблагоприятным последствиям для естественного воспроизводства сельди, поскольку в марте–апреле вылавливаются производители сельди, находящиеся на путях нерестовой миграции.

Исторически первоначально (1930-е гг. XX века) промысел сельди в Охотском море начинался с добычи **нерестовой сельди** [Аюшин, 1947]. До начала массового внедрения морского тралового флота этот промысел был основным. После коллапса запаса промысел нерестовой сельди в Северо-Охотоморской подзоне был запрещен с 1977 г. по 1982 г. включительно [Тюрнин, 1980]. В этот период производился только её контрольный лов в научных целях; при этом вылов достигал 40 тыс. т.

С начала XXI века по 2006 г. включительно средний ежегодный вылов нерестовой сельди составлял 24 тыс. т; затем уменьшился в среднем до 12 тыс. т. Снижение произошло по ряду причин: уменьшение количества судов-приемщиков на промысле в Охотском и Аяно-Майском районах; недостаточная береговая приемная база в п. Охотск; периодически возникающая тяжелая ледовая обстановка в районе нерестилищ, что приводит к задержкам нерестового хода сельди и его относительной скоротечности; резкое уменьшение количества ставных неводов – основных орудий лова нерестовой сельди; сосредоточение практически всех добывающих мощностей на относительно небольшом участке – в районе пос. Охотск (в случае блокировки льдами побережья в районе Охотска, морской промысел сельди практически прекращается).

Необходимо подчеркнуть, что, в условиях закрытия льдами нерестового ареала сельди (как это имело место в 2012-2013 и 2021 гг.) и прекращения морского промысла, лов сельди в лагунах и лиманах рек приобретает важнейшее значение [Панфилов, Смирнов, 2022]. Резкое, до 8,8 тыс. т, падение вылова нерестовой сельди в мае–июне 2020 г. объясняется нагоном льдов в район Охотска и прекращением работы ставных неводов в разгар нерестового хода. В то же время в лагунах было добыто 59,3% всей сельди – более 5,2 тыс. т. В 2021 г. вследствие исключительно неблагоприятной ледовой обстановки вылов нерестовой сельди уменьшился до 2,0 тыс. т (наименьший показатель в текущем столетии).

Снижение вылова нерестовой сельди в 2024 г. до 3,8 тыс. т, как и изменение нормального нерестового хода обусловлено следующими причинами:

- при раннем открытии нерестового ареала и полном отсутствии льда наблюдался исключительно большой вылов преднерестовой сельди (рис. 5);
- 2024 г. показал абсолютный рекорд температур по меньшей мере в течение всего текущего столетия: от 1,2 до 14, в среднем 6,6 °С, т.е. на 2° С больше среднемноголетних значений.

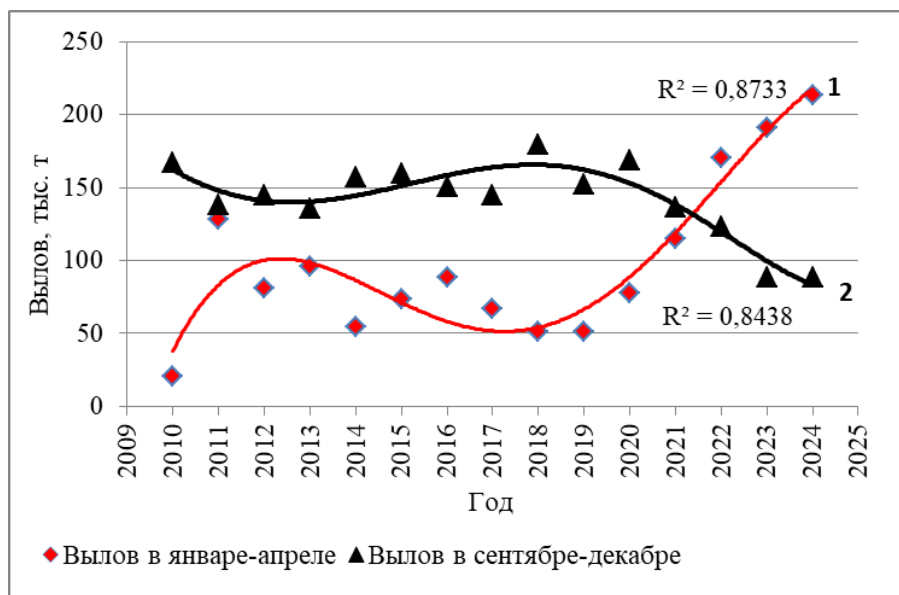


Рис. 5. Тренды вылова сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне (1 – январь–апрель; 2 – сентябрь–декабрь)

В результате отсутствия льдов по всему нерестовому ареалу на фоне рекордного прогрева воды, сельдь распространилась максимально широко, а сроки нерестовых подходов сельди оказались ранними (с 6 мая) и рекордно короткими, составив по охотоморскому побережью около 1 недели, что соответствует ранее выявленным закономерностям [Фархутдинов, 2007].

В настоящее время рекомендуемые прогнозами ОДУ объемы вылова нерестовой сельди (25,0 тыс. т) не осваиваются.

В **летний период** официальный вылов сельди в исключительной экономической зоне Северо-Охотоморской подзоны отсутствует, поскольку в настоящее время действует запрет на промысел сельди тралящими орудиями лова в ИЭЗ с 15 апреля по 31 августа включительно, установленный новыми «Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» (п. 28.2).

Вылов **нагульной** сельди (осенне-зимний период) в Северо-Охотоморской подзоне в начале текущего столетия резко снизился относительно 90-х гг. XX века. С 2001 по 2004 г. объемы вылова упали более чем в 2 раза. Главная причина – сокращение добывающего флота.

С восстановлением флота и ростом запаса вылов нагульной сельди в Северо-Охотоморской подзоне увеличился и в 2018 г. достиг максимума в текущем столетии – 179,1 тыс. т. Рост объемов уловов связан как с увеличением количества добывающих судов, так и с ростом уловов на судосутки. Вместе с тем, в 2018 г. освоение годового ОДУ не было полным – всего 86,9%. ОДУ сельди в 2019 г., наименьший в текущем десятилетии (236 тыс. т), был освоен уже на 93%. Неполное освоение объясняется резким ухудшением метеобстановки в Северо-Охотоморской подзоне в декабре 2019 г.: фактически, половину промыслового периода добывающий флот не работал.

В сентябре 2020-2021 гг. в интенсивность промысла нагульной сельди в Северо-Охотоморской подзоне резко возросла за счет увеличения количества добывающих судов на лову. Если в 2011-2019 гг. в сентябре добывалось в среднем 4,5 тыс. т сельди, то в 2020 г. вылов составил уже 18,2 тыс. т, а в 2021 г. – 21,4 тыс. т. Затем, в октябре–ноябре 2021 г., вылов, по сравнению с предыдущими годами, снизился. Причина – отвлечение добывающего флота на промысел сардины иваси. В итоге, вылов нагульной сельди составил лишь 136,0 тыс. т (соответственно, ОДУ 2021 г. был освоен на 93,8%).

В целом, с 2008 г. по 2022 г. годовой ОДУ сельди тихоокеанской, в Северо-Охотоморской подзоне осваивался не полностью (табл. 3).

С увеличением в последние годы объемов вылова преднерестовой сельди, наметилась тенденция к снижению вылова нагульной сельди в сентябре–декабре (рис. 5).

С 2020 г. по 2024 г. на промысле нагульной сельди количество отработанных траловым флотом судосуток снизилось в 1,9 раза вследствие уменьшения численности добывающего флота в сентябре–декабре. Соответственно, уменьшился вылов. В 2022 г., впервые за период с начала тралового промысла нагульной сельди в Северо-Охотоморской подзоне в 60-х гг. прошлого века, вылов сельди в январе–апреле превысил вылов в сентябре–декабре. В 2023 г. вылов зимовальной и преднерестовой сельди превысил вылов нагульной сельди уже в 2,2 раза (табл. 3). При этом годовой ОДУ в 2023 г. был освоен на 100% – впервые с 2008 г. Вылов нагульной сельди в 2024 г. уменьшился до уровня 2023 г. (88,2 тыс. т).

Количество судов на лову и количество отработанных судосуток на промысле нагульной сельди в Северо-Охотоморской подзоне в течение последних 5 лет снижалось, в то время как промысловые показатели оставались высокими (рис. 6).

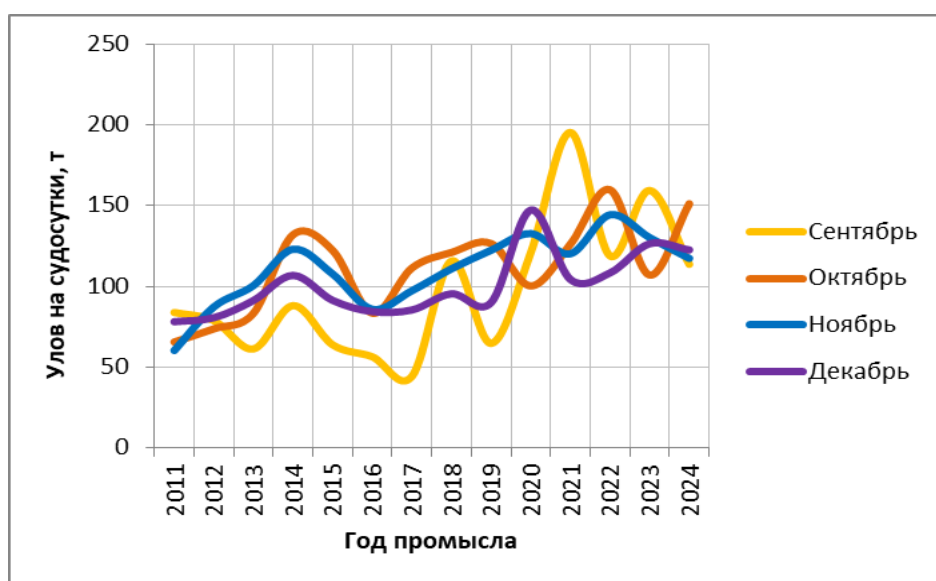


Рис. 6. Уловы на судосутки у судов тралового флота на промысле нагульной сельди в Северо-Охотоморской подзоне в сентябре–декабре

Следует отметить, что состояние добывающего флота и величина запаса сельди в Северо-Охотоморской подзоне позволяли с 2021 г. по 2024 г. ежегодно осваивать ОДУ на 100%, поскольку остаток ОДУ на нагульную путину в среднем составлял 115,2 тыс. т. Тем не менее, лишь в 2023 г. ОДУ был освоен полностью (табл. 3). Не исключено, что причина вылова нагульной («жировой») сельди по «остаточному принципу» – ориентация отечественных рыбодобытчиков на рынки Юго-Восточной Азии, где предпочитают менее жирную сельдь с большим количеством икры (т.е. преднерестовую).

Характер промысла сельди тихоокеанской в 2020-2024 гг., объемы вылова и сохраняющиеся относительно высокие промысловые показатели (уловы на судосутки) показывают, что популяция сельди в этот период находилась в благополучном, стабильном состоянии.

Прогнозирование состояния запаса. Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Расчет прогностических величин запаса проведен с использованием модели TISVPA.

В качестве меры близости модельного описания имеющихся данных, минимизацией которой оцениваются параметры модели, как для данных по возрастному составу уловов, так и для CPUE, выбрано абсолютное медианное отклонение (AMD) модельной аппроксимации, соответственно, логарифмов данных по возрастному составу уловов и уловов на усилие. Используемые меры близости характеризуются робастностью относительно гипотезы о виде статистического распределения ошибок в данных.

Диапазон возрастных групп, использованных в расчетах, составил от 3 до 12+, где под 12+ подразумеваются особи в возрасте 12 лет и старше. В выполненных расчетах дополнительные факторы, корректирующие оценки относительной селективности промысла, оценивались и применялись для возрастных групп 5-9, поскольку такой выбор диапазона обеспечил наибольшую устойчивость оценок.

Возрастные коэффициенты относительной селективности промысла рассчитались для двух периодов – до 2014 г. включительно (S1(a)), и после него (S2(a)). Год изменения относительной селективности промысла носит условный характер и выбран на основании минимума ошибки аппроксимации.

Анализ компонент целевой функции модели показывает наличие сигналов о биомассе запаса в терминальный год, сходных по локализации минимумов, как от данных по возрастному составу уловов, так и от CPUE (как индекса численности запаса). Профили компонент целевой функции модели, соответствующих данным по возрастному составу уловов, а также CPUE, построены относительно величины биомассы нерестового запаса (SSB) в 2023 г. (рис. 7).

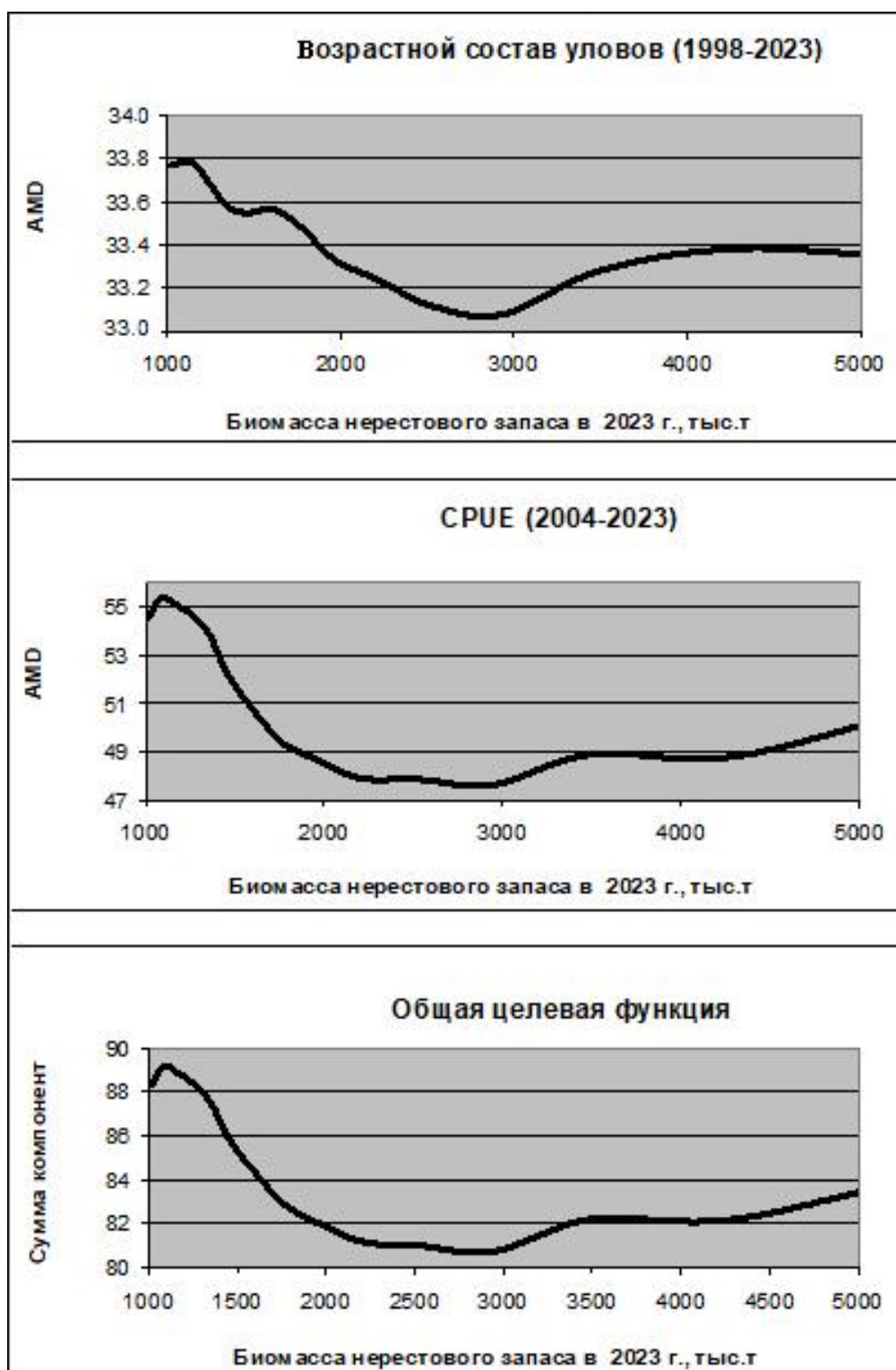


Рис. 7. Профили компонент целевой функции модели

Анализ матрицы оценок относительной селективности промысла показывает, что отдельные поколения имеют явные особенности во взаимодействии с промыслом, в связи с чем, использованное в расчетах уточненное трехпараметрическое сепарабельное представление коэффициентов промысловой смертности может считаться оправданным (рис. 8).

Значения относительной селективности промысла нормированы таким образом, что сумма значений оценок относительной селективности промысла по возрастным группам для каждого года равна единице.

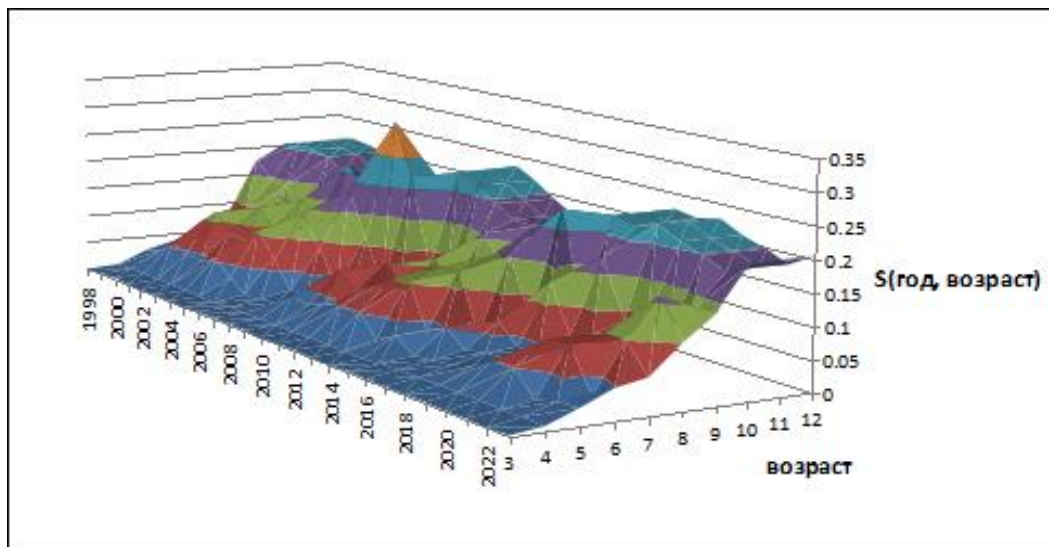


Рис. 8. Оценки относительной селективности промысла по возрастным группам и годам

Полученные в результате расчетов по модели TISVPA оценки биомассы нерестового и общего запасов, пополнения и промысловой смертности представлены на рисунках 9-11. Согласно расчетам, оценкам присуща высокая неопределенность (рис. 12).

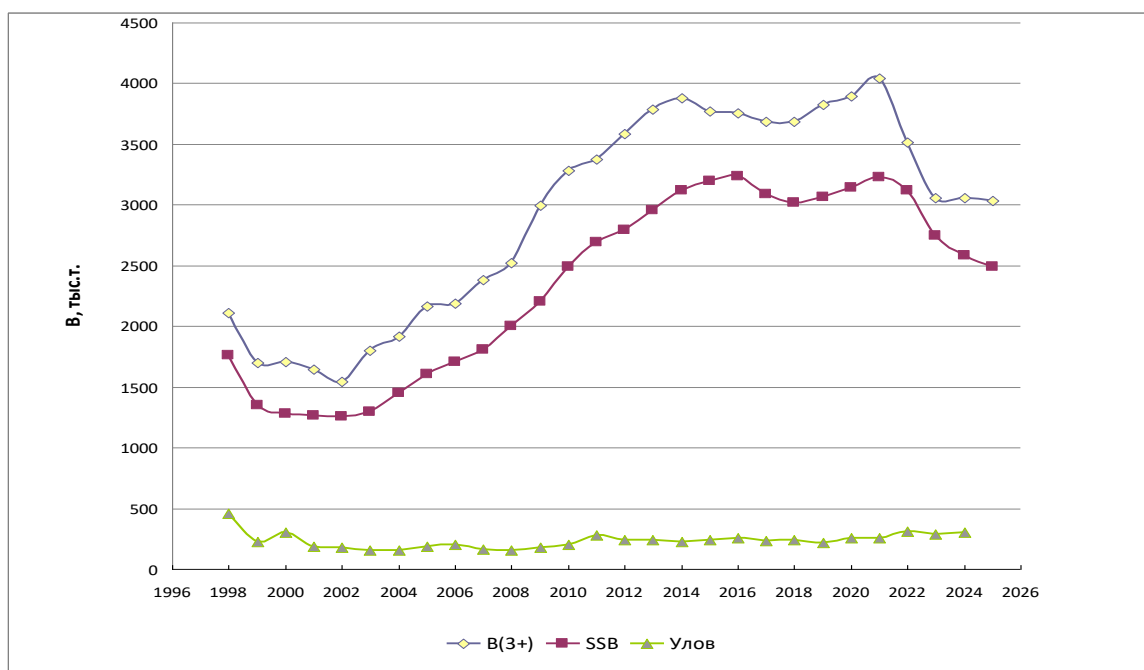


Рис. 9. Оценки биомассы общего и нерестового запасов

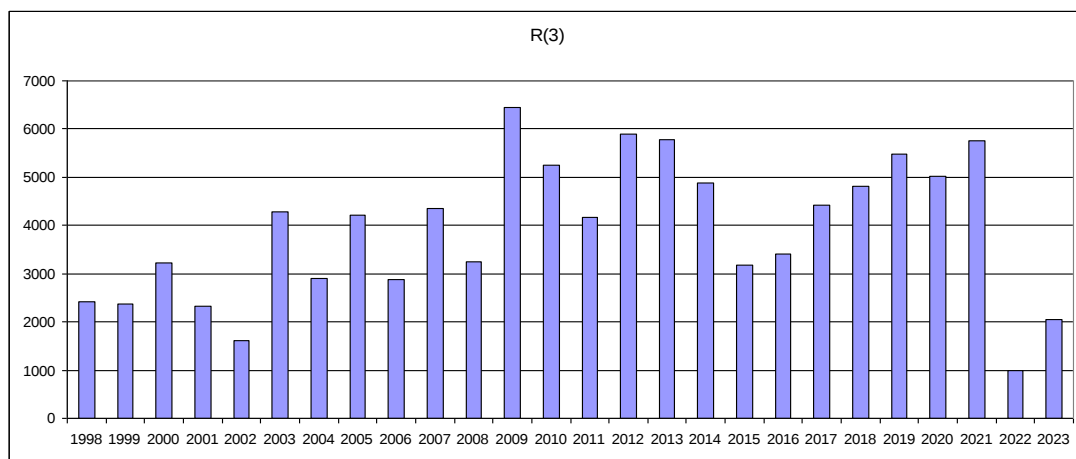


Рис. 10. Оценки численности пополнения в возрасте 3 года

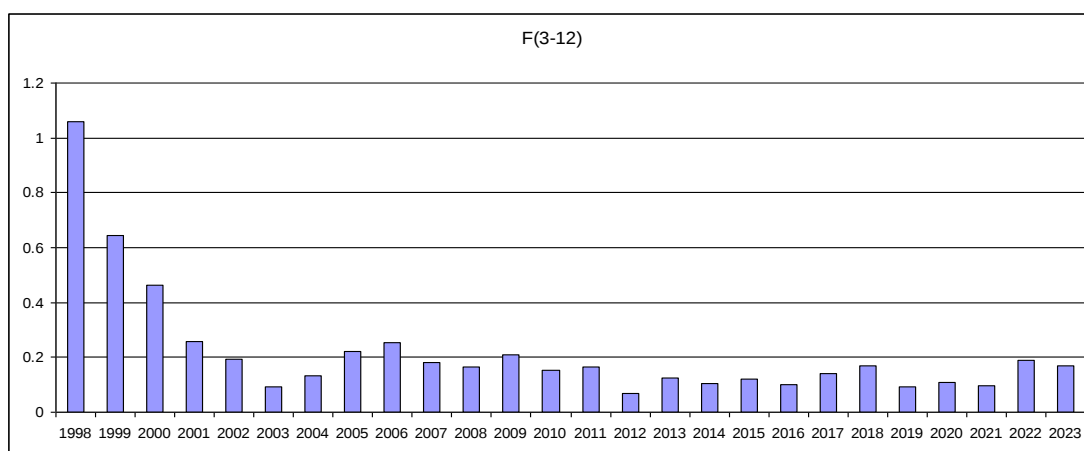


Рис. 11. Оценки мгновенных коэффициентов промысловой смертности (средние по диапазону возрастных групп 3-12+)

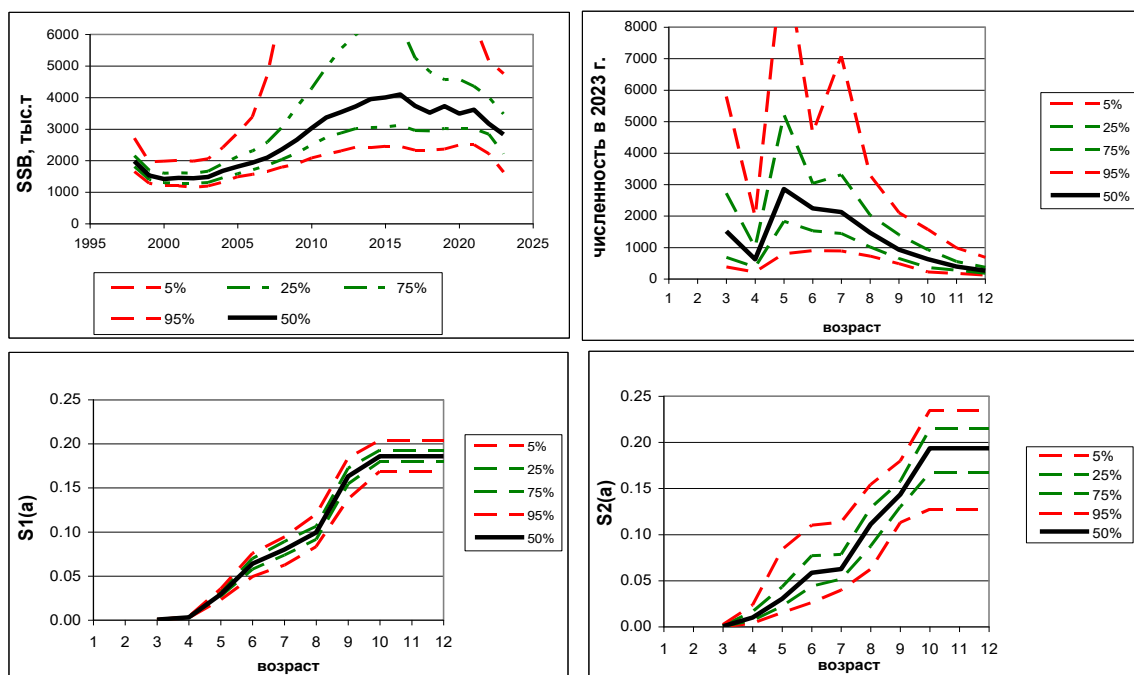


Рис. 12. Оценки неопределенности в результатах

График значения оценок пополнения в зависимости от биомассы нерестового запаса показывает отсутствие функциональной связи между пополнением и запасом (рис. 13).

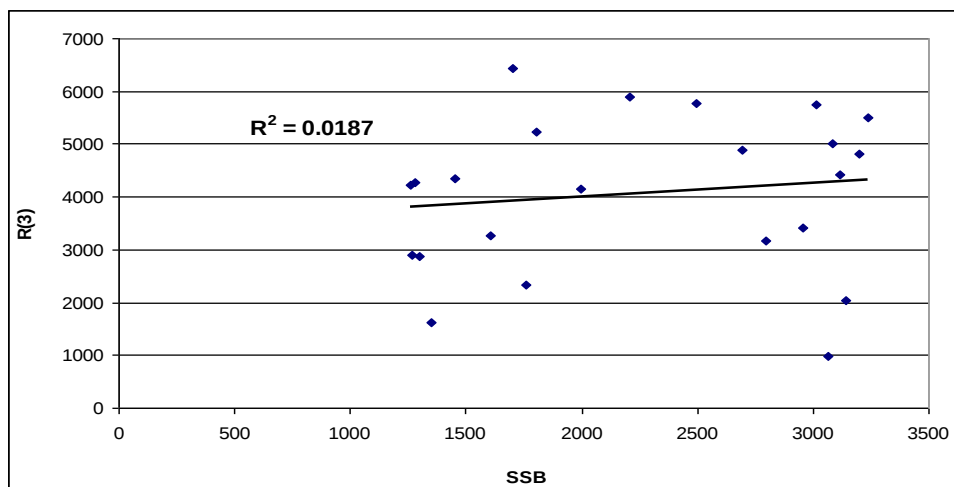


Рис. 13. Зависимость пополнения в возрасте 3 года ($R(3)$) от биомассы нерестового запаса (SSB)

В этой связи при оценке кривой устойчивых уловов (SY), выполненной в соответствии с подходом, принятым в Международном совете по исследованию морей (ICES), пополнение в стохастических расчетах моделировалось случайной выборкой из множества «наблюденных» значений пополнения с добавлением шума, отражающего ошибку оценки. Значения численности для первого года стохастических расчетов (2023 г.), а также используемые в расчетах значения селективности промысла также были зашумлены. Расчеты проводились на перспективу в 50 лет. Результаты представляют собой среднее от 1000 итераций.

Кривая зависимости среднего за период в 50 лет улова от мгновенного коэффициента промысловой смертности, полученная в рамках стохастических расчетов, максимум которой соответствует значению F_{MSY} , представлена на рисунке 14.

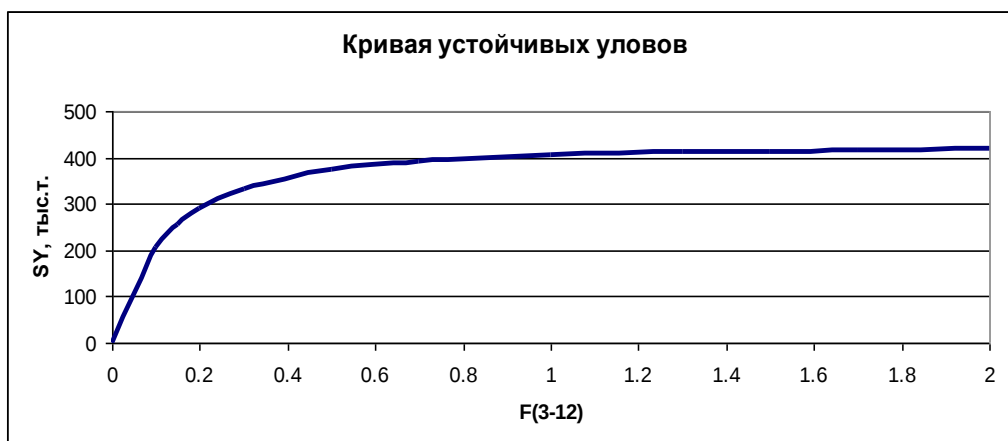


Рис. 14. Зависимость улова от мгновенного коэффициента промысловой смертности

Полученная кривая не дает возможности оценить величину FMSY, поскольку выходит на максимум асимптотически, однако позволяет отметить, что, например, при $F=0,2$ (приблизительно та промысловая смертность, с которой облавливался запас в 2022-2023 гг.), улов в 300 тыс. т является устойчивым.

Получение устойчивых уловов в 400 тыс. т. потребует в 4 раза более высокой промысловой смертности (а значит, и промыслового усилия), хотя и при этом величина устойчивой биомассы нерестового запаса составляет 1800 тыс. т, что заметно выше наименьшей наблюдавшей на рассмотренном диапазоне лет величины SSB (рис. 15).



Рис. 15. Нерестовый запас охотской сельди по результатам икорных съёмов

На основании изложенного представляется приемлемым выбор ОДУ тихоокеанской сельди на 2025 г. в Северо-Охотморской подзоне в диапазоне 300-400 тыс. т в зависимости от возможностей промысла.

Помимо этого, в 2025 г. были выполнены расчёты ОДУ на 2026 г., показавшие больший диапазон рекомендуемых величин ОДУ с невысоким риском по перелову.

Согласно ПРП, прогноз ОДУ представлен в таблице 5. Средней показатель находится в районе 384,5 тыс. т.

Таблица 5

Прогноз ОДУ сельди в Северо-Охотоморской подзоне по ПРП

Год	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Среднее	SE
2025	310,0	310,0	310,0	310,0	310,0	310,0	310,0	310,0	0,0
2026	39,1	70,6	251,4	399,1	493,9	663,5	795,8	384,5	212,8
2027	58,7	89,8	206,9	307,8	395,3	538,0	615,0	309,4	146,3
2028	90,1	115,1	209,4	290,6	365,8	528,8	603,0	299,7	127,2
2029	118,7	138,7	226,2	301,2	369,0	515,3	587,3	307,9	119,5
2030	131,0	156,3	243,5	313,0	382,0	517,3	589,2	320,2	116,1
2031	147,0	162,1	258,4	323,3	396,6	527,8	610,5	333,9	115,3
2032	150,7	172,0	271,3	332,6	403,9	545,2	610,4	342,8	117,9
2033	153,1	177,3	273,9	331,3	408,0	539,9	587,3	344,9	114,5
2034	151,3	177,0	270,9	332,1	407,8	539,2	588,3	346,2	114,7

Учитывая новые расчётные данные, позволяющие предполагать, что расчётные оценки величины ОДУ на 2025 г. были занижены, а также учитывая возможности промысла, считаем допустимой корректировку объёма ОДУ в сторону повышения до уровня 330 тыс. т.

Таким образом, с учетом новых данных о состоянии запасов данного вида **ОДУ сельди тихоокеанской в Северо-Охотоморской подзоне в 2025 г. увеличится на 20,000 тыс. т и составит 330,000 тыс. т (с 310,000 до 330,000 тыс. т).**

КРАБ КАМЧАТСКИЙ (*Paralithodes camtschaticus*)

61.05 - зона Охотское море

61.05.1 - Северо-Охотоморская подзона

Исполнители: А.В. Харитонов («ХабаровскНИРО»), А.Д. Абаев («МагаданНИРО»)

Кураторы: Д.В. Артеменков, С.И. Моисеев (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В 2024 г. Северо-Охотоморской подзоне была проведена ловушечная съемка с борта НИС СТР «Зодиак» от зал. Бабушкина ($59^{\circ}16' \text{с.ш. } 153^{\circ}30' \text{в.д.}$) до залива Александры ($54^{\circ}12'8 \text{с.ш. } 139^{\circ}26'5 \text{в.д.}$) в интервале глубин 12-104 м. Работы проводились с 13 августа по 10 октября 2024 г. За указанный период выполнено 186 ловушечных станций (рис. 1). Из них 122 станции в пределах Хабаровского края (западнее 147° в.д.), 45 станций в пределах Магаданской области (восточнее 147° в.д.) и 6 станций на участке у о. Ионы северо-западной части Охотского моря. Для анализа промысловой обстановки, сезонной динамики уловов, пространственного распределения и биологии камчатского краба привлечены данные научно-поисковых и мониторинговых работ, а также данные промышленного лова за период 2004-2024 гг.

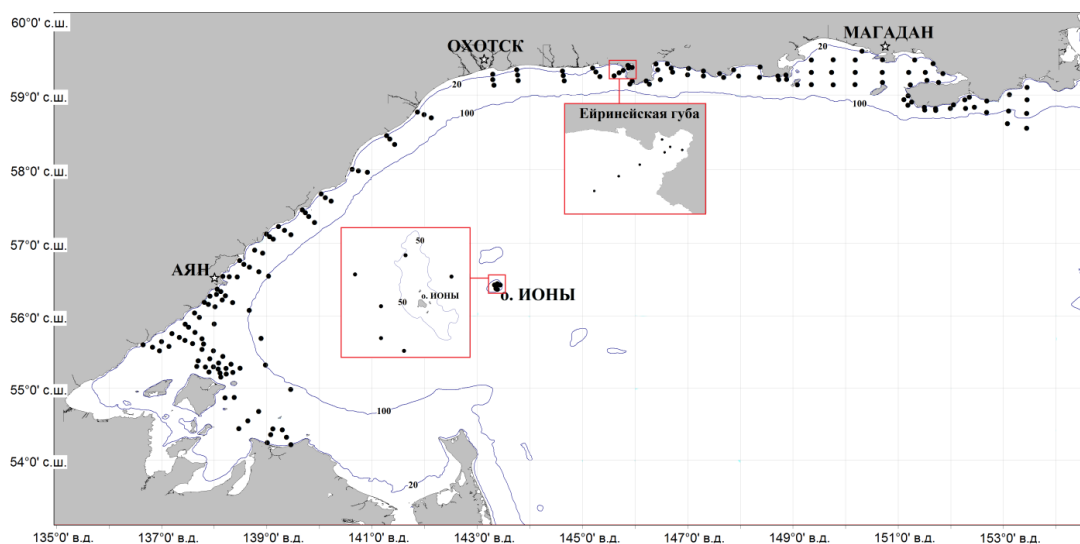


Рис. 1. Карта-схема ловушечных станций, выполненных в Северо-Охотоморской подзоне на НИС «Зодиак» в августе-октябре 2024 г.

Структура и качество доступного информационного обеспечения для данной единицы запаса соответствуют III уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104), что исключает использование моделей эксплуатируемого запаса. Обоснование строится на эмпирических,

трендовых, индикаторных и других приближенных методах, применяемых в случае дефицита информации.

Обоснование выбора методов оценки запаса

В расчетах запасов крабов использовали сплайн-аппроксимацию [Stolyarenko 1986, 1987; Столяренко, Иванов 1988] и компьютерную программу «КартМастер» 4.1 [Бизиков и др., 2007]. В расчетах применялся средний показатель влияния глубины – 500, параметр сглаживания – 0,032; площадь облова конусовидной ловушки была принята равной 3300 м² [Васильев, 2004].

Расчет ожидаемой величины промыслового запаса камчатского краба в Северо-Охотморской подзоне проводился по прогностической формуле, учитывающей пополнение пререкрутами 1 и 2 порядка (особи размерной группы 110-119 и 120-129 мм по ширине карапакса), за минусом естественной и промысловой смертности. Коэффициент естественной смертности промысловых самцов и пререкрутов 1 и 2 порядка камчатского краба принят 0,72 и 0,81 соответственно. Прирост пополнения составляет 1 см в год.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промысел камчатского краба может осуществляться по всей акватории Северо-Охотморской подзоны от зал. Александры (54°15' с. ш., 139°20' в. д.) на юго-западе до зал. Бабушкина на северо-востоке. В 2024 г., как и в предыдущие годы, основной лов проводился на участке побережья от м. Борисова (55°57' с. ш., 137°30' в. д.) до м. Энкан (57°45' с. ш., 140°20' в. д.) и в районе, расположенном на севере и северо-востоке от о. Большой Шантар. В 2024 г. в разные периоды лов вели 16 судов (табл. 1).

Таблица 1

Вылов камчатского краба и количество судосудок лова по типу судна в Северо-Охотморской подзоне в 2024 г. (данные ССД Росрыболовства)

№	Судно	Вылов, т	Судосудок лова
1	2	3	4
1	СТР «АКВАРИУС»	6,272	3
2	СРТМ «АРКА-34»	65,681	10
3	РС «БЕКАС»	50,402	11
4	СРТМ «ВОСТОК»	10,42	6
5	КРПС «ГЕПАРД»	66,572	9
6	РС «ГРИНДА»	1,783	2
7	МмДС «ЕНИСЕЙ»	85,066	17
8	РС «КРЕЧЕТ»	37,805	7
9	СРМС «ЛАЗУРИТ»	100,609	25
10	СДСУ «САРТАНГ»	100,097	18
11	СРТМ «СОВЕРЕН»	66,307	10
12	СДС «СОЛВЕЙГА»	21,607	8
13	СДС «ТАЛАН»	66,427	24

1	2	3	4
14	РС «УЗОН»	43,318	7
15	СРТ «ЮПИТЕР»	65,887	18
16	СДС «ЯХОНТ»	44,008	12
Итого		832,261	187

Среднесуточный вылов одного судна был высоким, он изменялся по месяцам от 1,208 до 4,575 т и в среднем составил 4,451 т, что соответствует уровню 2022-2023 гг. (табл. 2). Большая часть объема допустимого вылова (93,1%) в 2024 г. традиционно была освоена в летний период, до ежегодного запрета на промысел.

Таблица 2

**Характеристика промысла камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне
(данные ССД Росрыболовства)**

Год	Среднесуточный вылов одного судна по месяцам и годам, т									Кол-во судов на промысле
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
2004	-	0,010	-	-	0,722	1,368	1,945	5,553	1,920	15
2005	0,493	0,981	0,968	0,526	0,535	0,617	1,630	1,471	0,903	19
2006	0,791	0,556	0,364	0,422	0,838	1,405	1,298	1,310	0,873	20
2007	0,548	0,854	1,055	0,914	1,076	1,463	2,524	1,229	1,208	23
2008	-	0,480	0,584	0,467	0,867	0,976	1,656	0,710	0,820	32
2009	-	0,734	0,720	0,665	1,225	1,451	2,900	-	1,283	26
2010	-	0,403	0,502	0,429	1,089	2,073	2,243	-	1,123	25
2011	0,707	0,955	0,671	1,305	1,221	0,820	0,923	3,100	1,213	19
2012	-	1,063	0,864	0,889	1,256	2,133	0,860	-	1,178	21
2013	-	0,333	0,632	1,779	2,208	1,626	1,137	-	1,286	20
2014	0,295	0,248	1,274	1,944	2,285	1,669	-	-	1,286	17
2015	-	0,737	2,336	0,089*	2,819	2,425	5,104	-	2,252	6
2016	-	0,392	1,620	-*	4,464	2,318	-	-	2,199	10
2017	0,315	1,312	2,761	-*	2,333	4,072	2,437	-	2,205	10
2018	0,391	0,814	3,020	-*	3,373	1,953	4,681	-	2,372	16
2019	1,339	3,268	3,161	-*	2,699	3,142	-	-	2,964	19**
2020	-	2,701	3,440	-*	3,352	1,795	3,096	-	2,877	23***
2021	-	6,577	4,006	-*	3,199	2,064	4,432	-	4,335	17
2022	13,538	5,530	4,083	-*	2,078	3,609	2,032	-	4,364	22
2023	-	7,364	3,658	-*	4,563	2,418	3,460	4,524	4,375	18
2024	4,281	4,575	4,368	-*	-	1,208	-	-	4,451	16

* в 2015 г., согласно приказу Минсельхоза от 21 октября 2013 г. № 385, с изменениями на основании приказа Минсельхоза России от 4 февраля 2015 года № 32, введен запрет на специализированный промысел камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне на период линьки (1–31 августа); ** из них 2 НИС; *** из них 1 НИС

За последние 10 лет степень освоения ОДУ была весьма высокой и варьировала в пределах 90,0-95,0%. Согласно официальным статистическим данным промысла, объем ОДУ в Северо-Охотоморской подзоне осваивается практически полностью (рис. 2). Общий вылов камчатского краба в 2024 г. составил 871,153 т (97,9% от величины выделенного объема ОДУ), в том числе: 832,261 – промышленный лов, 3,892 т – НИР, 32,992 т – любительское рыболовство и 2,008 т – рыболовство в целях обеспечения традиционного

образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации.

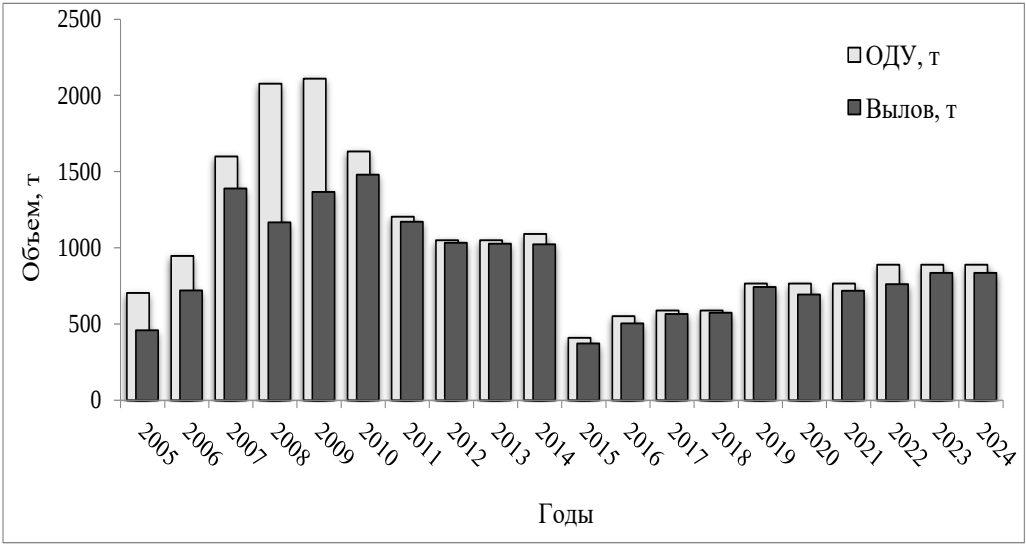


Рис. 2. Динамика освоения ОДУ камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне

В пределах Хабаровского края камчатский краб облавливался от залива Александры до м. Ушки на глубинах 13-96 м. Плотные промысловые концентрации традиционно фиксировали от о-ва Б. Шантар до м. Энкан (54°52' - 57°39' с. ш., 138°11' - 140°01' в. д.), на глубинах 31-93 м. Средний улов промысловых самцов на этом отрезке работ данной акватории составил 3 экз./лов. Максимальный улов 29 экз./лов. – зафиксировали севернее о-ва Б. Шантар. Промысловые концентрации с плотностью более 600 экз./км² отмечены на глубинах 50-60 м (рис. 3).

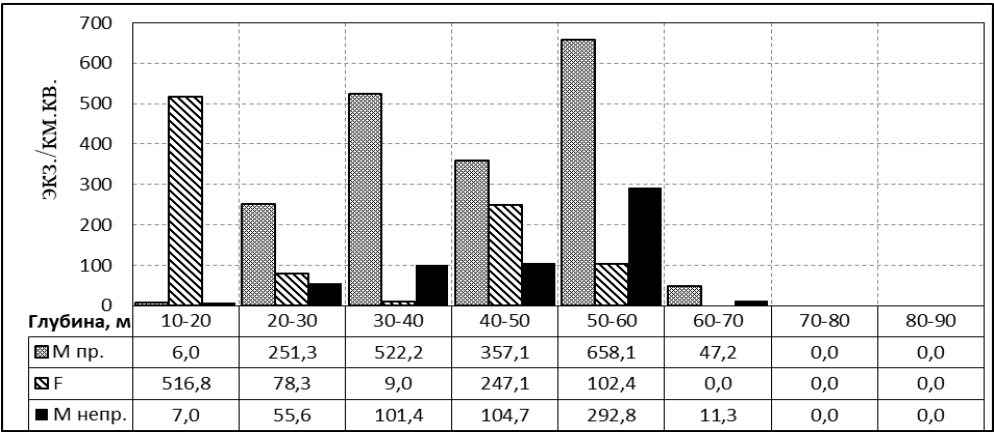


Рис. 3. Батиметрическое распределение камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне западнее 147° в.д., сентябрь-октябрь 2024 г.

В уловах камчатского краба (количественно) преобладали самцы промыслового размера 43,1%, самки составили 35,8%, самцы непромыслового размера – 21,1% соответственно.

Основу уловов самцов камчатского краба, около 76,2%, составили особи с шириной карапакса 120-169 мм (min = 64 мм, max = 186 мм, $\sigma_{\bar{x}} = 0,420$) (рис. 4). Средний размер карапакса самцов составил 137,4 мм, средняя масса тела – 1359 г (min = 180 г, max = 3130). Средний размер промысловых самцов составил 149,5 мм, средняя масса тела = 1711 г.

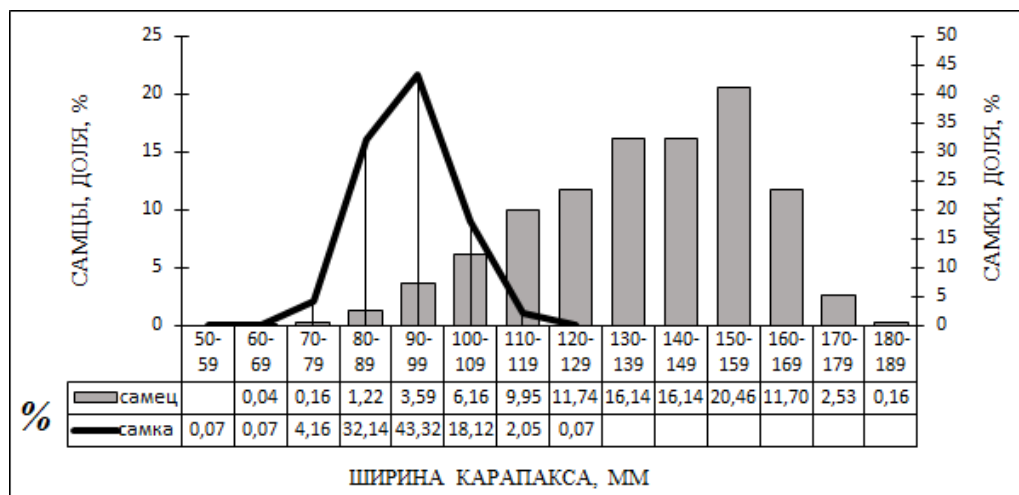


Рис. 4. Размерный состав самцов (N=2453 экз.) и самок (N=1369 экз.) камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне западнее 147° в.д. сентябрь-октябрь 2024 г.

В уловах самок 75,5% составили особи с шириной карапакса 80-99 мм. Средний размер карапакса самок составил 92,3 мм (min = 58 мм, max = 124 мм), средняя масса – 488 г.

Предварительный анализ размерного состава самцов показал, доля пререкрутов 1 и 2 порядка (размерные классы 110-119 мм и 120-129 мм по ШК) составила 21,7%, что выше уровня 2020 г. (19,5%) (рис. 5). Доля промысловых самцов (≥ 130 мм по ШК) составила 61,7%, самцов менее 110 мм по ШК – 11,2%. В 2024 г. наблюдалось увеличение среднего значения ШК промысловых самцов до максимального (за период 1996-2020 гг.). И находится на близком к уровню среднего значения ШК до начала интенсивного промысла.

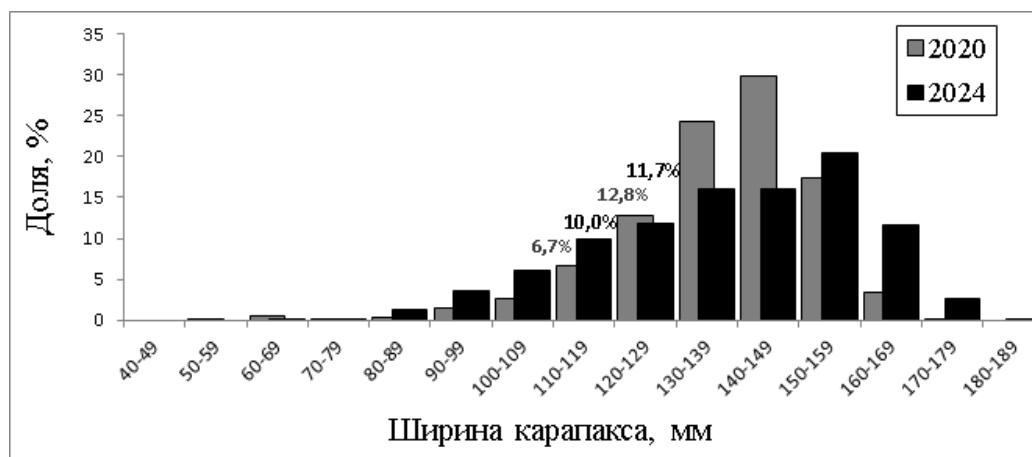


Рис. 5. Размерный состав самцов камчатского краба из уловов в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д., в 2020 г. (N=2056 экз.) и 2024 г. (N=2453 экз.)

Учитывая, что в уловах самцов присутствуют особи всех размерно-функциональных классов, их распределение в размерной структуре соответствует многолетнему распределению, средний размер карапакса всех самцов в 2024 г. составил $137,4 \pm 0,4$ мм, в 2020 г. – $137,2 \pm 0,4$ мм. Продолжается увеличение ШК промысловых самцов в сторону крупноразмерных особей, а также увеличение среднего улова промысловых самцов на ловушку до 1,5 экз., считаем, что группировка самцов камчатского краба западнее 147° в. д. находится в хорошем состоянии (табл. 3).

Таблица 3

Биологические показатели камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне (западнее 147° в.д.)

Год	Средняя ширина карапакса, мм		Средняя масса пром. самцов, г	Доля пром. самцов, %	Средний улов на ловушку пром. самцов экз./лов.	Доля самок, %	N ** экз.
	самцов	пром. самцов					
2013	$101,5 \pm 0,4$	$140,8 \pm 1,0$	1372 ± 351	3,0	0,1	36,1	3964
2014	$108,5 \pm 0,2$	$138,5 \pm 0,8$	1334 ± 242	1,6	0,1	60,2	6101
2015	$110,9 \pm 0,2$	$135,0 \pm 0,3$	1231 ± 86	4,9	0,3	20,7	6040
2017*	$114,5 \pm 0,3$	$136,2 \pm 0,2$	-	22,4	-	1,6	4372
2018	$126,9 \pm 0,3$	$138,4 \pm 0,2$	1378 ± 64	43,1	1,1	4,2	4194
2020	$137,2 \pm 0,4$	$144,6 \pm 0,2$	1567 ± 72	50,0	0,9	33,5	2550
2023*	$134,6 \pm 0,5$	$148,3 \pm 0,4$	-	57,7	-	2,1	1626
2024	$137,4 \pm 0,4$	$149,5 \pm 0,3$	1711 ± 145	43,1	1,5	35,8	3822

*в 2017 г. и 2023 г. работы проводились исключительно в районе о. Большой Шантар;

** проанализировано всего особей

В пределах Магаданской области (восточнее 147° в.д.) в августе 2024 г. уловы промысловых самцов камчатского краба были ожидаемо низкими и не превышали 0,4 экз./лов., непромысловых – 1,2 экз./лов., самок – 0,2 экз./лов. Несмотря на невысокие уловы, камчатский краб встречался на четверти всех ловушечных станций (25,4%).

Биологическая структура камчатского краба из уловов в Северо-Охотоморской подзоне (Притауйский район и Тауйская губа) относительно стабильна. Размеры самцов камчатского краба в уловах 2024 г. колебались от 80 до 225 мм по ширине карапакса. Средняя ШК промысловых самцов в 2024 г. равнялась $155,5 \pm 3,3$ мм, средняя масса – 1922 ± 136 г (табл. 4). Доля промысловых самцов достигала 49,0%.

Действующие меры ограничения рыболовства

В действующих «Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна», утверждённые приказом Минсельхоза России от 06.05.2022 г. № 285, для краба камчатского в Северо-Охотоморской подзоне установлен промысловый размер не менее 13 см по ширине карапакса. Кроме того, в «Правила рыболовства...» внесены запретные сроки для добычи камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне – с 1 августа по 31 августа.

Таблица 4

**Биологические показатели камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне
(Притауйский район и Тауйская губа)**

Год	Средняя ширина карапакса, мм		Средняя масса промысловых самцов, г	Доля промысловых самцов, %	Доля самок, %	Проанализировано крабов, экз.
	самцов	Промысловых самцов				
2000	131,5±3,4	149,4±2,9	1638±66	48,6	9,8	41
2001	126,3±1,3	149,1±1,6	1628±48	30,7	30,2	341
2002	133,9±0,6	148,7±0,4	1617±26	59,6	18,1	1683
2005	135,7±1,8	149,8±1,4	1650±47	63,2	3,7	161
2008	125,5±1,9	138,1±1,3	1324±27	44,2	13,3	60
2009	126,4±2,5	143,8±1,7	1477±54	43,8	17,9	78
2011	137,8±0,8	152,8±0,6	1739±32	66,1	10,4	966
2013	123,6±1,1	154,9±1,4	1800±41	29,5	26,0	673
2017	129,9±1,0	145,2±1,1	1510±45	46,6	4,7	403
2020	143,1±3,9	156,2±3,5	1942±150	68,2	2,2	45
2024	132,7±3,4	155,5±3,3	1922±136	48,5	14,3	77

Оценка состояния и прогноз промыслового запаса

По результатам ловушечной съемки, выполненной Северо-Охотоморской подзоне в августе-октябре 2024 г., на обследованной акватории площадью около 60,3 тыс. км² учтено 23,724 тыс. т, или 13,851 млн экз. промысловых самцов камчатского краба (рис. 6; табл. 5).

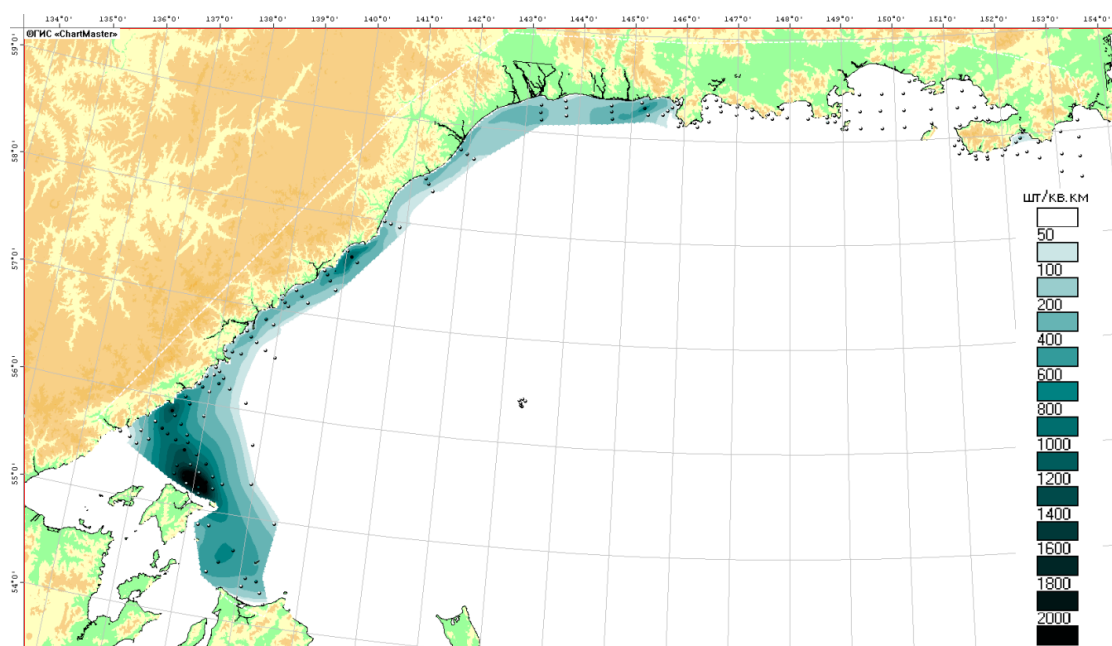


Рис. 6. Распределение плотности промыслового запаса камчатского краба по данным ловушечных уловов в Северо-Охотоморской подзоне в 2024 г.

Численность промысловых самцов в Притауйском районе и Тауйской губе в 2024 г. составила 119,0 тыс. экз. (228,7 т). Поскольку работы в Притауйском районе и Тауйской губе проходили в августе, по многолетним наблюдениям в этот период проходит массовая линьки самцов, считаем, полученное значение текущей численности не может отражать реального

состояния запаса, так как большая часть самцов была не активна и ловушками не облавливалась. С учётом слабо развитого промысла, полагаем, состояние запасов камчатского краба в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации в Северо-Охотоморской подзоне (Притауйский район и Тауйская губа) сохраняется на уровне не менее 491,0 тыс. экз. (952,5 т).

Таблица 5

Результаты расчета промыслового запаса камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне по результатам исследований в 2024 г.

Северо-Западная часть (западнее 147° в.д.)			Северо-Западная часть (восточнее 147° в.д.)		
Площадь, км ²	Запас, тыс. экз.	Запас, т	Площадь, км ²	Запас, тыс. экз.	Запас, т
1679,7	33	56,5	15745	119	228,7
3181,1	243	415,8			
9605,1	1475	2523,7			
10289,9	2914	4985,9			
5645,2	2810	4807,9			
1945,1	1350	2309,9			
1528,0	1377	2356,0			
879,1	957	1637,4			
493,5	641	1096,8			
291,4	436	746,0			
203,9	345	590,3			
163,9	312	533,8			
355,9	839	1435,5			
36261,8	13732	23495,5	15745	119	228,7

В северо-западном районе Северо-Охотоморской подзоны (западнее 147° в.д.) численность промыслового запаса (13,732 млн экз.), оцененная по данным 2024 г., увеличилась в 1,3 раза относительно величины, рассчитанной по результатам работ, выполненных в 2020 г. (10,53 млн экз.) и находится близко к рекордной отметке, отмеченной в 2018 г. – 15,4 млн экз. (рис. 7).

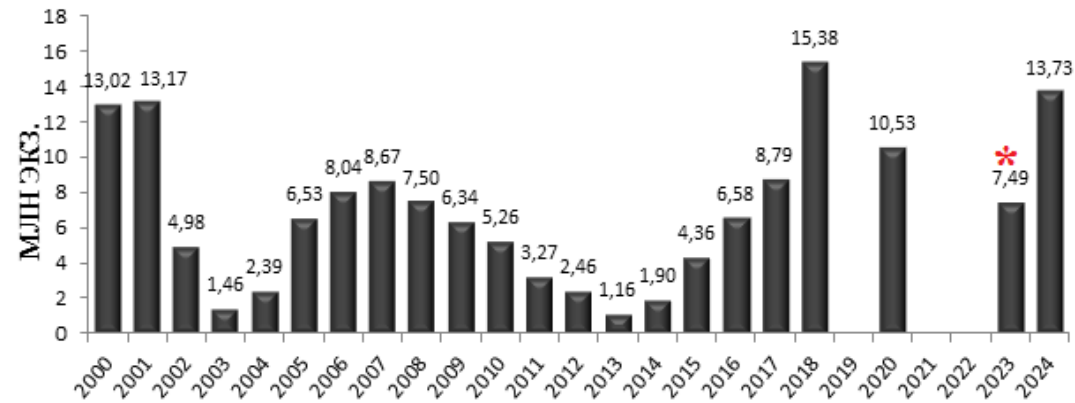


Рис. 7. Динамика промысловой численности камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д. В 2019, 2021, 2022 гг. НИР не проводились

*- численность на 2023 г. дан только для Аяно-Шантарского района – рис. 1 и 6.

Поскольку в северо-западной части Северо-Охотоморской подзоны (западнее 147° в.д.) сосредоточен основной промысел камчатского краба, промысловый запас камчатского краба подвержен значительным колебаниям. Согласно многолетним наблюдениям, промысловая численность камчатского краба за исторический период в 25 лет совершала как подъемы, так и снижения, в среднем, фаза снижения или увеличения длится около 5 лет, а полный цикл – 10-11 лет (рис. 7).

Данная цикличность связана с колебанием численности пополнения (рис. 8). Зная значение промысловой численности (13,732 млн экз.), а также долю размерных групп в общих уловах самцов камчатского краба в 2024 г., рассчитали численность пререкрутов 1 и 2 порядка (размерные классы 110-119 мм и 120-129 мм по ШК). Полученное значение составило 4,436 млн экз., отмечаем рост в сравнении с 2020 г. в 1,6 раз (рис. 9).

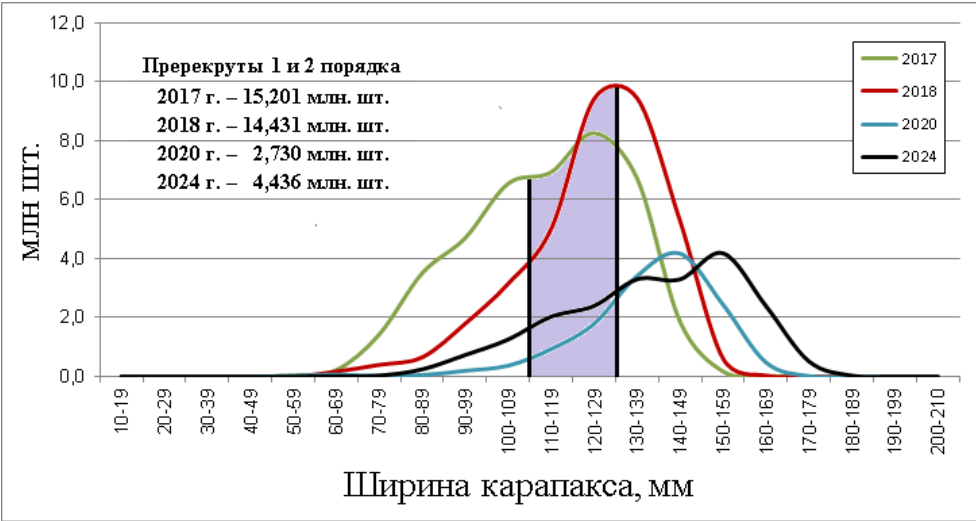


Рис. 8. Размерная структура самцов камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д., за 2017, 2018, 2020 и 2024 гг.

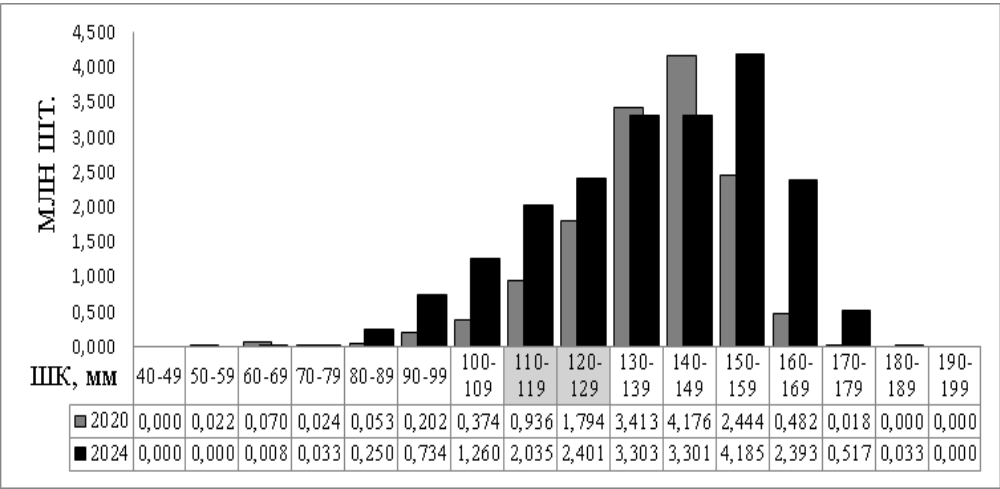


Рис. 9. Размерная структура самцов камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д., в 2020 и 2024 гг.

Результаты анализа динамики промыслового запаса и пополнения в последние годы свидетельствует о намеченной тенденции к его снижению.

Однако промысловая биомасса в 2024 г. (23,495 тыс. т), в районе западнее 147° в.д., остаётся в «благополучной» зоне и показывает близко к максимальному значению за 25- летний период наблюдений (рис. 10).

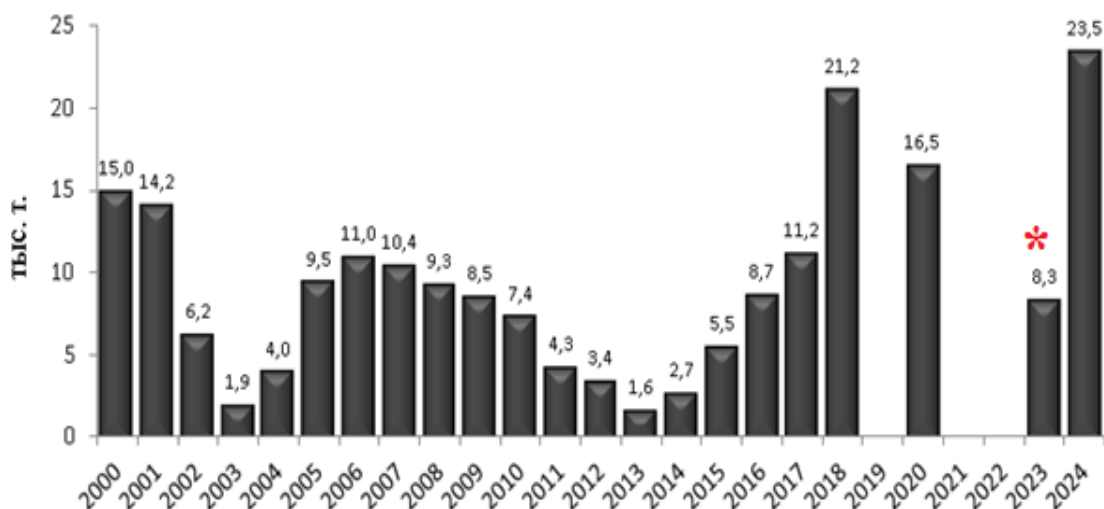


Рис. 10. Динамика промысловой биомассы камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д. В 2019, 2021, 2022 гг. НИР не проводились
*- запас на 2023 г. дан только для Аяно-Шантарского района

Увеличение биомассы обеспечили крупные особи (размерные классы 150-159 мм, 160-169 мм), которые повлияли на определение средней массы тела промысловых самцов в 2024 г. в сторону ее увеличения. При этом в уловах 2024 г. не наблюдается урожайного поколения уровня 2017-2018 гг., соответственно, промысловый запас будет пополняться умеренно и в результате естественной элиминации крупных особей, достигших возрастного предела, вероятно будет снижаться. Тем не менее, считаем, что имеющийся в настоящее время потенциал промыслового запаса в ближайшие два года (2025-2026 гг.), с учетом как промысловой, так и естественной смертности, сохранит свою позицию в зоне постоянной интенсивности промысла (рис. 12).

Определение биологических ориентиров

Целевой индекс по биомассе (B_{tr}) определялся методом перцентилей, когда исторический ряд данных (за 2000-2020 гг.) делится на три равные группы значений [Буяновский, 2012]. Первая группа (красная) включала диапазон значений от 1,5 до 5,7; вторая группа (жёлтая) – от 5,7 до 10 и третья группа (зеленая) – от 10 до 21,2. Для того, чтобы исключить нежелательные изменения статуса запаса в будущем и сохранить устойчивый промысел, расчет велся по второй группе. Целевой индекс находили как математическое ожидание биомассы во второй группе. Таким образом, были получены биологические ориентиры: $B_{lim} = 1,50$ тыс. т, $B_{tg} = 8,3 \pm 0,4$ тыс. т, целевой коэффициент эксплуатации $E\% = 10\%$ (рис. 11, 12; табл. 6).

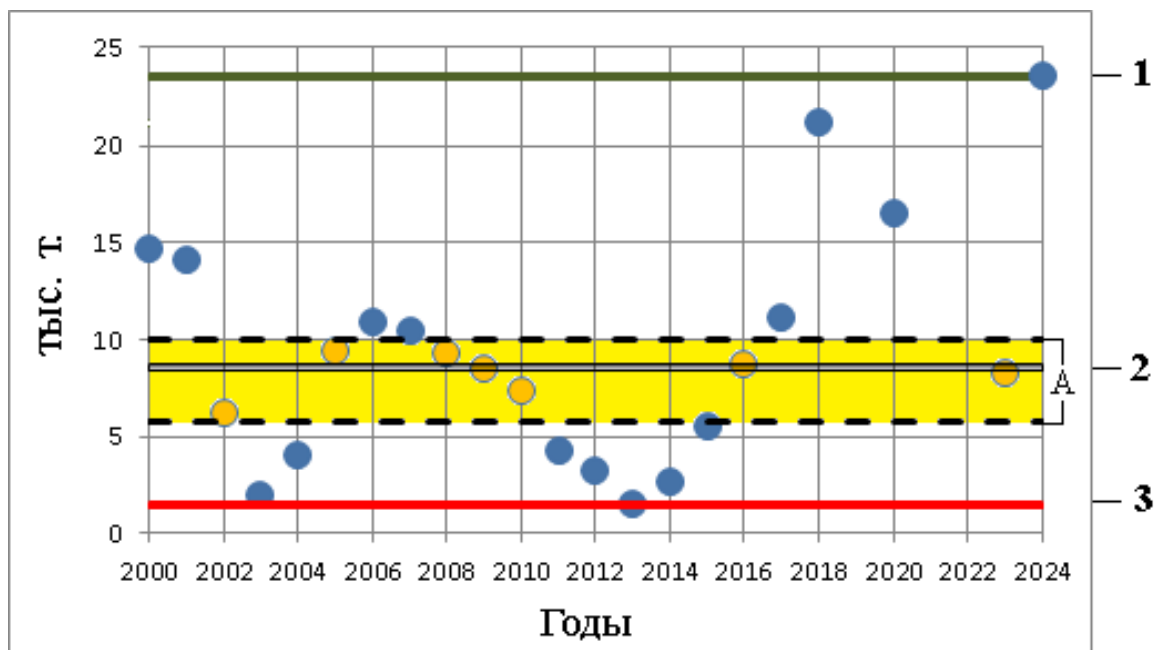


Рис. 11. Динамика промысловой биомассы камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне, западнее 147° в.д., с 2000 г. по 2020 г.
1 – исторически максимальное значение; 2 – целевой ориентир; 3 – исторически минимальное значение; А – вторая (жёлтая) группа

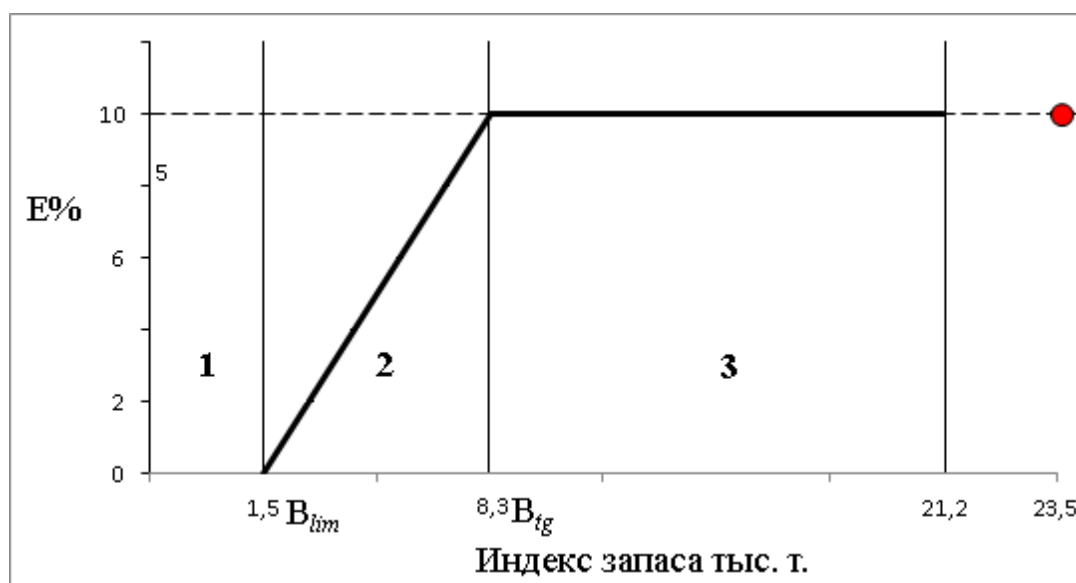


Рис. 12. Диаграмма зональных ПРП. E – коэффициент эксплуатации; B – промысловый запас; B_{lim} – граничный; B_{tg} – целевой. Зоны: 1 – подорванный (депрессивный) запас; 2 – восстановление запаса (неблагополучный); 3 – постоянной интенсивности промысла. (Красный маркер промысловая биомасса в 2024 г.)

Таблица 6

Ориентиры управления для камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне

	Граничный ориентир B_{lim}	Исторически максимальное значение	Целевой ориентир B_{tg}
	тыс. т / млн шт.	тыс. т / млн шт.	тыс. т / млн шт.
Камчатский краб	1,50 / 1,15	21,19 / 15,38	8,3 / 6,107

Численность промысловой части запаса камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне рассчитывали на основе абсолютной численности крабов в размерных классах, определенной по результатам мониторинговых работ 2024 г., с учетом естественной и промысловой смертности.

Численность промысловых самцов в 2025 г. рассчитывали по уравнению:

$$N_{i+1} = (N_i - C_i) \times (1 - A) + PR1 \times (1 - Ap),$$

N_i – численность промысловых самцов в 2024 г., млн. экз.,

C_i – вылов в 2024 г., млн. экз.,

A – вероятность выживания, связанная с естественной смертностью, которая для промысловых самцов принята равной 28%/год,

Ap – вероятность выживания, связанная с естественной смертностью, которая для рекрутов принята равной 19%/год,

$PR1$ – численность пререкрутов первого порядка, млн. экз.

Для расчета биомассы запаса использовали среднегодовалое значение за последние 10 лет (2011-2020 гг.) – 1,376 кг. Результаты расчетов по данным, полученным в 2024 г., показали: ожидаемая биомасса промыслового запаса к началу промысла в 2025 г. составит не менее 11,815 млн экз. или 16,815 тыс. т, а целевой коэффициент может составить 10%.

Учитывая динамику изменения индексов запаса, согласно рекомендациям, прописанным в «Правилах регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов», ожидаемый промысловый запас камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне в 2025 г. (16,815 тыс. т) будет находиться выше целевого ориентира управления (8,3 тыс. т), т.е. в зоне постоянной интенсивности промысла («благополучной»). Статус запаса – «стабильный».

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 02.10.2024 № 567, ОДУ краба камчатского в Северо-Охотоморской подзоне на 2025 г. установлен в объеме 0,890 тыс. т.

В период с 13 августа по 10 октября 2024 в Северо-Охотоморской подзоне была проведена ловушечная съемка на НИС «Зодиак», которая позволила получить новые научные данные по состоянию запаса краба камчатского.

По результатам съемки в 2024 г. численность промыслового запаса камчатского краба составила 13,851 млн экз., что в 1,3 раза превышает оценку, полученную в 2020 г. (10,53 млн экз.), и находится близко к рекордной оценке, полученной в 2018 г. (15,4 млн экз.). Оценка промысловой биомассы камчатского краба, полученная в 2024 г. (23,495 тыс. т), является максимальной за более чем 20-летний период наблюдений, и превышает оценку 2018 года.

Ожидаемая биомасса промыслового запаса к началу промысла в 2025 г. составит не менее 11,815 млн экз., или 16,815 тыс. т, что превышает целевой

ориентир управления (8,3 тыс. т) и позволяет применить целевой коэффициент изъятия – 10%. При таком подходе ОДУ краба камчатского на 2025 год мог бы составить 1,682 тыс. т, что почти в 2 раза превышает величину ОДУ, установленную на 2025 год.

В соответствии с Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов предельный уровень ежегодного изменения ОДУ для данной единицы запаса, имеющей статус «стабильный», составляет $\pm 16\%$. Следовательно, ОДУ камчатского краба в Северо-Охотоморской подзоне в 2025 г. (0,890 тыс. т) может быть увеличен на 0,142 тыс. т до 1,032 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба камчатского в Северо-Охотоморской подзоне на 2025 г. в сторону увеличения на 0,142 тыс. т, с 0,890 тыс. т до 1,032 тыс. т.**

КРАБ СИНИЙ (*Paralithodes platypus*)

61.05 - зона Охотское море

61.05.1 - Западно-Камчатская подзона

Исполнители: О.И. Ильин, П.Ю., П.Ю. Иванов («КамчатНИРО»)

Кураторы: Д.В. Артеменков, С.И. Моисеев (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой оценки запаса и обоснования корректировки ОДУ синего краба в Западно-Камчатской подзоне на 2025 г. являются данные о функциональном составе, размерных рядах самцов, показателях уловов на усилие синего краба, как входных параметров модели, полученные в ходе учетных работ и мониторинга промысла.

В 2024 г. учетная съемка по оценке численности синего краба в зал. Шелихова Западно-Камчатской подзоны не проводилась. Работы в режиме мониторинга промысла «КамчатНИРО» осуществлены на СРТМ «Флорин» (ООО «Дальневосточное побережье») в ноябре в крайних координатах 58°59,9'–59°08,4' с.ш., 157°19,1'–37,8' в.д., на изобатах 132–142 м. Проанализировано 14 промысловых порядков, состоящих из 160 конических ловушек; взято на биоанализ 2805 экз. синего краба.

При расчете запаса синего краба площадь облова одной конусной ловушки принималась равной, как и прежде, 8500 м² [Характеристика..., 1997; Лысенко, 2001а, б].

Сбор и обработка данных проводились по общепринятым гидробиологическим методам [Родин и др., 1979; Низяев и др., 2006], а построение карт распределения уловов – с использованием программы «КартМастер» 4.2, методом сплайн-аппроксимации плотности запаса [Бизиков и др., 2006].

Анализ промысла проводили, используя данные судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) [Vasilets, 2015].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, мгновенных коэффициентах естественной смертности по функциональным 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 синего краба в Западно-Камчатской подзоне есть сведения о вылове по функциональным группам в 1996–2024 гг., данные о среднемноголетней массе крабов по функциональным группам, мгновенные коэффициенты естественной смертности, данные учетных ловушечных съемок о плотности численности промысловых самцов и пререкрутов синего краба, выполненных в зал. Шелихова в последние 10 лет, сведения об уловах на единицу усилия в 2003–2024 гг.

Таким образом, информационное обеспечение прогноза в полной мере соответствует I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора метода оценки запаса

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

Оценкой состояния запасов с помощью моделей теории рыболовства и прогнозированием величины ОДУ морских промысловых беспозвоночных шельфа Западной Камчатки, в т.ч. запасов камчатского и синего крабов, занимался в начале 2000-х годов В.П. Максименко [Максименко, 2003; Максименко, Лысенко, 2002]. Он использовал популярные когортные методы ВПА [Pope, Shepherd, 1985] и CAGEAN [Deriso et al., 1985]. Однако при моделировании запасов не принимался во внимание неофициальный вылов, тогда как в то время он превышал ОДУ и официальный вылов в несколько раз. Вследствие этого, В.П. Максименко были получены заниженные оценки запаса. После этих работ оценка состояния запасов промысловых беспозвоночных западнокамчатского шельфа с помощью математических методов фактически не производилась.

Исходя из структуры и объема накопленной на сегодняшний день информации по синему крабу северо-восточной части Охотского моря, по нашему мнению, наиболее целесообразным выглядит применение моделей на базе CSA [Collie, Sissenwine, 1983; Collie, Kruse, 1998], описывающих динамику функциональных групп (молодь, пререкруты, рекруты, промысловые самцы, самки). Использование подобных моделей целесообразно в том случае, когда возраст особей определить не удастся, но по линейным размерам можно судить об их принадлежности к той или иной функциональной группе.

Оценка состояния запасов морских промысловых биоресурсов, как правило, сводится к задаче определения вектора состояния (численность возрастных, размерных, функциональных групп) по результатам ряда наблюдений. Наблюдения сопровождаются случайными ошибками, а, значит, следует говорить не об определении состояния системы, а об его оценивании путем статистической обработки результатов наблюдений. Так как моделью рассматриваемой нами системы «запас-промысел» служит система стохастических разностных уравнений линейной регрессии, целесообразно применить методы линейной оптимальной фильтрации [Bucu, Joseph, 1968] и

интерполяции [Grewal, Andrews, 1993]. Подробное описание используемой методики оценки запасов изложено в статье О.И. Ильина и П.Ю. Иванова [Ильин, Иванов, 2015]. Оценка состояния запаса и неизвестных параметров модели сводится к решению совместной задачи оптимальной фильтрации (интерполяции) и идентификации.

Модельный подход для оценки состояния запасов синего краба Западно-Камчатской подзоны и определения ОДУ используется специалистами «КамчатНИРО» с 2015 г. и дает удовлетворительные результаты.

Исходными для модели являются:

- данные о фактическом вылове (млн экз.) синего краба в 1996–2016 гг. Оценки объемов реального вылова получили, основываясь на данных таможен Японии, Кореи, США, Канады об объемах импорта крабовой продукции из Российской Федерации [Иванов, 2016; Крабы–2014, 2014; Крабы–2015, 2015; Крабы–2018, 2018]. По этим данным приближенно фактический вылов синего краба у Западной Камчатки оценили, считая, что он пропорционален доле ОДУ синего краба в Западно-Камчатской подзоне от общего ОДУ вида в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Фактический вылов в 2017–2024 гг. приняли равным официальному.

- мгновенные коэффициенты естественной смертности приняли равными 0,2 1/год для всех трех функциональных групп;

- вероятность линьки по функциональным группам (пререкрутов I порядка – 0,9, пререкрутов II порядка – 0,95) [Максименко, Лысенко, 2002].

Для настройки модели использовали данные учетных ловушечных съемок о плотности численности промысловых самцов и пререкрутов синего краба (тыс. экз./км²), выполненных в зал. Шелихова в последние 10 лет.

Из-за действия запрета на добычу синего краба в подзоне к югу от 57°40' с.ш., район, ограниченный по широте 57°00'–57°40' с.ш., при оценке численности не учитывался.

Кроме того, для настройки использовали данные об уловах на ловушку в сутки, полученные научными наблюдателями в ходе мониторинга промысла синего краба, и данные промысловой статистики по уловам на усилие (т/судосутки).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Изучение биологии синего краба *Paralithodes platypus* началось в 1970-х гг., когда возник интерес к промыслу этого вида, при этом основное внимание было уделено беринговоморским популяциям [Лысенко, 2001a], а популяция северо-восточной части Охотского моря характеризовалась как относительно малочисленная [Букин и др., 1988]. В 1992 г. были обнаружены многочисленные скопления синего краба на склонах глубоководного каньона в зал. Шелихова, начались детальные исследования этой популяции [Лысенко, 2001б].

В 2015–2024 гг. освоение ОДУ синего краба находилось на высоком уровне (табл. 1), при этом в последние годы ОДУ осваивается уже в первом полугодии на 90% и более.

Таблица 1

**Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ синего краба
в Западно-Камчатской подзоне**

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %
2015	3,555	3,497	98,4
2016	3,510	3,440	98,0
2017	3,850	3,817	99,1
2018	3,948	3,915	99,2
2019	3,316	3,282	99,0
2020	3,316	3,301	99,5
2021	2,916	2,904	99,6
2022	2,449	2,438	99,6
2023	2,449	2,434	99,4
2024	2,841	2,828	99,5

Динамика среднесуточного вылова синего краба в I полугодии (по 14 июля) за последнее десятилетие имела общий тренд роста вплоть до 2017 г., когда был зафиксирован максимальный вылов. После 2017 г. отмечена общая тенденция на снижение этого показателя (рис. 1), при этом в 2021 г. вылов на судосутки оказался минимальным за последние девять лет, снизившись до 5,7 т. По итогам промысла 2022 и 2023 гг., вылов на судосутки увеличился до 6,5 и 6,4 т, всё еще уступая среднемуголетнему показателю в 6,9 т. В 2024 г. вылов синего краба на судосутки вырос до 7,4 т.

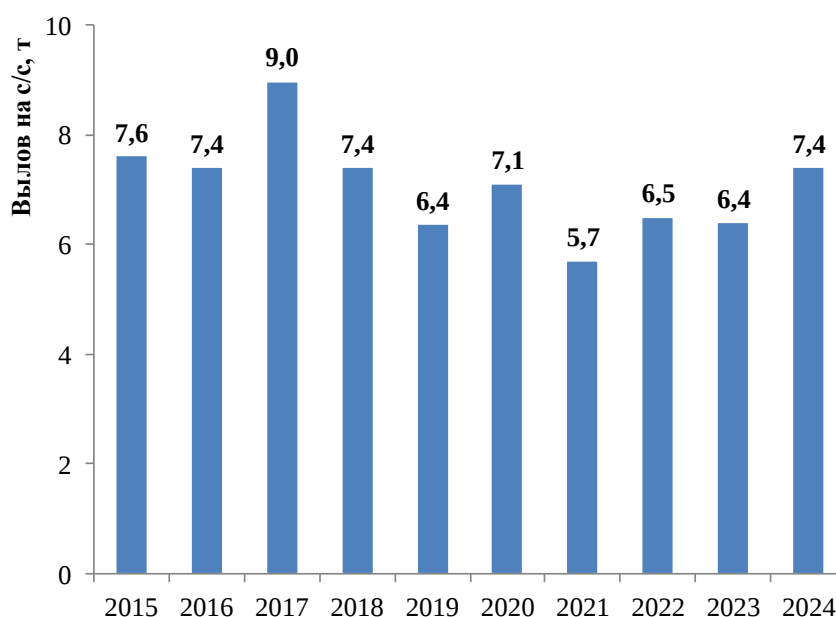


Рис. 1. Межгодовая динамика среднесуточного вылова синего краба в Западно-Камчатской подзоне с 1 января по 14 июля

Освоение запаса синего краба в течение года осуществляет весьма большое количество судов, в последние четыре года – 32–40 единиц, при этом почти 90% вылова приходится на суда, добывающие краб с целью дальнейшей его транспортировки в живом виде.

В период промысла синего краба в последние два года суда в подзоне дислоцируются преимущественно в горле зал. Шелихова, ведя добычу на плотных промысловых скоплениях на склонах глубоководного каньона. В зимне-весенний период добыча ведется, главным образом, в пределах глубин 250–350 м (участок 1 на рис. 2), в весенне-осенний – смещается на глубины менее 200 м, большей частью – в восточном направлении, в сторону западно-камчатского побережья (участок 2 на рис. 2). На юг промысел простирается до границы запретного района $57^{\circ}40'$ с.ш., на севере – ограничен, по большей части, северной широтой $59^{\circ}30'$. В отдельные годы несущественные объемы вылова в подзоне приходятся на участок, граничащий с Северо-Охотоморской подзоной (участок 3 на рис. 2), где отчитываются о вылове суда, как правило, ведущие добычу одновременно в двух промысловых районах.

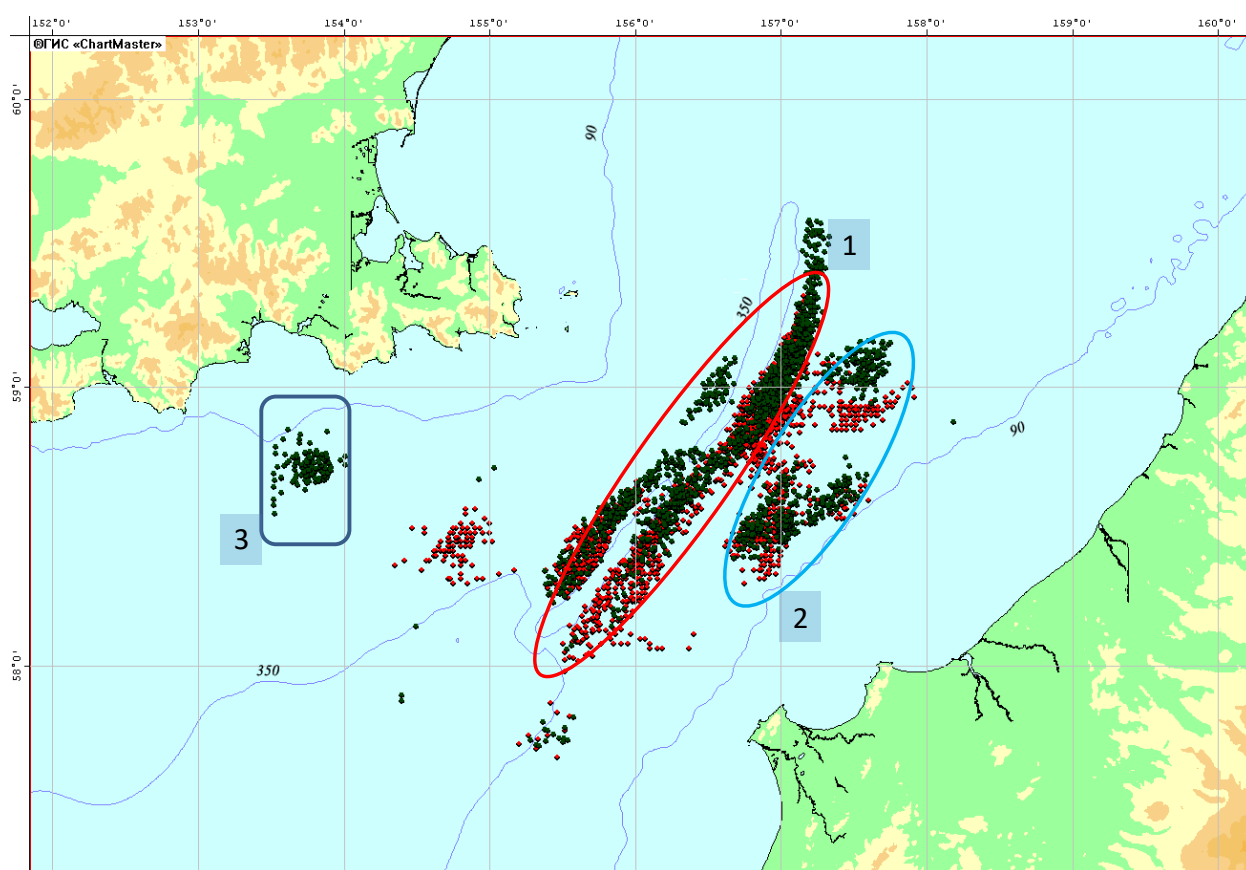


Рис. 2. Дислокация добывающего флота на промысле синего краба в зал. Шелихова Западно-Камчатской подзоны в 2023 (красным) и 2024 (зеленым) гг. (обозначения – в тексте)

В сравнении с 2017 г., результаты учетных работ 2019 г. показали достаточно заметное увеличение численности промысловых самцов, в то время как этот же показатель для самцов непромыслового размера

(пополнения) снизился (табл. 2). В 2020 г. рост численности промысловых самцов сменился значительным снижением, тогда как количество ближайшего пополнения несколько возросло. По результатам учетных работ 2021 г., количество промысловых самцов и пререкрутов II несколько выросло, а численность ближайшего пополнения (пререкрутов I) – снизилась. Согласно представленным в таблице 2 данным о численности, в последние пять лет отмечаются низкие значения этого показателя для всех групп ближайшего и дальнего пополнения промыслового запаса.

Таблица 2

Межгодовая динамика численности синего краба по данным учетных ловушечных съемок, млн экз.

Год	Промысловые самцы	Пререкруты		Молодь	Самки	Площадь работ, км ²	Плотность промысловых самцов, тыс. экз./км ²
		I порядка	II порядка				
2011	7,415	3,330	3,555	7,162	11,698	5300	1,40
2012	7,312	3,816	2,948	5,662	0,642	4870	1,50
2013	13,330	5,810	4,050	4,140	25,190	13245	1,01
2014	12,506	5,533	3,657	4,128	24,989	15656	0,80
2015	13,381	5,055	3,589	2,955	9,315	15605	0,86
2017	9,510	1,761	1,120	1,420	12,699	17881	0,53
2019*	4,182	0,749	0,322	0,156	2,356	7621	0,55
	11,519	1,804	0,763	0,530	8,596	17599	0,65
2020	7,416	2,529	1,423	2,059	6,854	19729	0,38
2021**	6,464	1,311	0,665	0,474	1,238	10419	0,62
	8,066	1,774	1,606	1,641	4,346	26769	0,30
2022	24,821	8,396	7,889	13,922	22,774	40820	0,61
2023	6,831	1,497	1,167	1,587	5,857	24777	0,28

* – учетные съемки зимой и весной; ** – учетные съемки зимой и осенью

Поскольку площадь исследований значительно варьировала по годам, в качестве одного из индексов, характеризующих состояние запаса, посчитали целесообразным использовать не только абсолютные оценки численности по результатам ловушечных съемок, но и среднюю плотность краба на единицу площади. Очевидно, что индекс плотности промысловых самцов в последние несколько лет по данным всех семи учетных съемок 2017–2022 гг. сравнительно низок, значительно уступая этому показателю в период его высоких значений в 2011–2015 гг. В последнее десятилетие прослеживается общая тенденция снижения индекса плотности промысловых самцов, при этом, несмотря на максимальную учетную численность в 2022 г., он продолжал находиться на стабильно невысоком уровне, сопоставимом с данными весенней съемки 2019 г. и зимней съемки 2021 г. (рис. 3). Вместе с тем, обращают на себя внимание полученные по итогам съемки 2022 г. максимальные оценки численности и плотности молоди самцов синего краба, которая в ближайшие годы пополнит численность пререкрутов, что в дальнейшем должно привести к росту промыслового запаса.

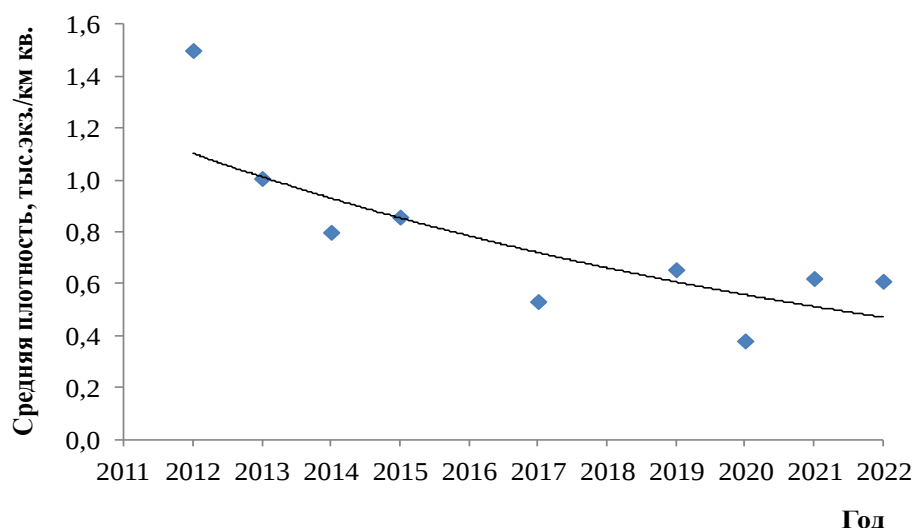


Рис. 3. Межгодовая динамика индекса плотности промысловых самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне по данным учетных съемок в 2012–2022 гг.

Полученные в 2023 г. результаты НИС «Зодиак» по всем параметрам очень близки к таковым по итогам учетных работ на этом же судне в 2021 г. (табл. 2; 3). Вместе с тем, в сравнении с учетными работами 2022 г., количественные оценки осенью 2021 и 2023 гг. следует считать нерепрезентативными.

Таблица 3

Межгодовая динамика среднесуточных уловов самцов синего краба по данным учетных ловушечных съемок

Год	Улов, экз./лов./сут.		
	Промысловые самцы	Пререкруты I	Пререкруты II
2014	6,7	2,4	1,6
2015	7,6	2,4	1,7
2017	4,3	0,7	0,5
2019	зима	7,3	1,4
	весна	8,5	1,3
2020	3,5	1,0	0,6
2021	зима	4,8	1,0
	осень	2,4	0,6
2022	5,2	1,8	1,6
2023	2,3	0,5	0,4

Величины уловов самцов за последние годы, по данным учетных работ, представлены в таблице 3. Они находятся в прямой связи со снижением индекса плотности промысловых самцов и численности всех функциональных групп. Вместе с тем, по итогам исследований 2022 г., средний суточный улов самцов всех функциональных групп находился на сравнительно высоком уровне.

По данным мониторинга промышленного лова в январе 2019 г., среднесуточный улов промысловых самцов составил, в среднем, для двух судов 10,2 экз./лов. (максимум – 31,2 экз./лов.), а в мае того же года –

14,1 экз./лов. (максимум – 35,8 экз./лов.) (табл. 4). Весной 2020 г. показатели уловов промысловых самцов на ловушку оставались на сравнительно высоком уровне – 11,4 экз., достигая максимальных суточных значений 28,7 экз./лов. В январе 2021 г. как средний, так и максимальный суточный уловы промысловых самцов существенно снизились (8,7 и 14,0 экз.), а непромысловых – в целом, увеличились. Результаты мониторинга промысла в марте 2022 г. показали значительный рост среднего и максимального суточных уловов промысловых самцов (20,6 и 28,3 экз.), при стабильности показателей сравнительно высоких уловов непромысловых самцов. Средний и максимальный суточные уловы промысловых самцов в 2023 г. хоть и несколько снизились, составив 13,7 и 24,0 экз./лов., но продолжали оставаться на сравнительно высоком уровне, превышающем среднеголетнее (с 2014 г.) значение 11,0 экз./лов. Результаты мониторинга промысла в 2024 г. продемонстрировали значительный рост уловов всех функциональных групп самцов синего краба, при этом их значения оказались максимальными на современном этапе наблюдений.

Таблица 4

Межгодовая динамика уловов синего краба по данным, собранным в режиме мониторинга промысла в Западно-Камчатской подзоне

Период промысла		Улов, экз./лов./сут.		
		Промысловые самцы	Пререкруты I	Пререкруты II
2014	апрель	5,1	2,3	2,3
		6,0	1,5	1,0
	ноябрь	6,7	2,8	3,4
2015	апрель	10,6	2,5	1,4
		6,2	1,6	0,9
	май	8,0	2,5	1,6
	июнь	9,2	3,5	2,5
2016 ноябрь		6,9	1,8	1,4
		8,8	1,7	1,5
2017 апрель		19,0	3,4	2,4
2019	январь	10,2	2,0	1,0
	май	14,1	1,8	0,5
2020 март–апрель		11,4	1,3	0,4
2021 январь		8,7	2,1	1,2
2022 март		20,6	2,1	1,8
2023 апрель		13,7	2,4	1,1
2024 ноябрь		23,4	6,7	4,5

Размерный состав самцов в уловах в течение пяти лет исследований вплоть по 2023 г. менялся мало: от 52 до 68% (в среднем – 59%) промысловых самцов в эти годы были представлены особями с ШК 130–155 мм (рис. 4). В районе научного мониторинга промысла осенью 2024 г. доля промысловых самцов в уловах была ниже (47%), чем в предыдущие годы исследований. Средний размер и масса промысловых самцов остаются сравнительно стабильными (табл. 5).

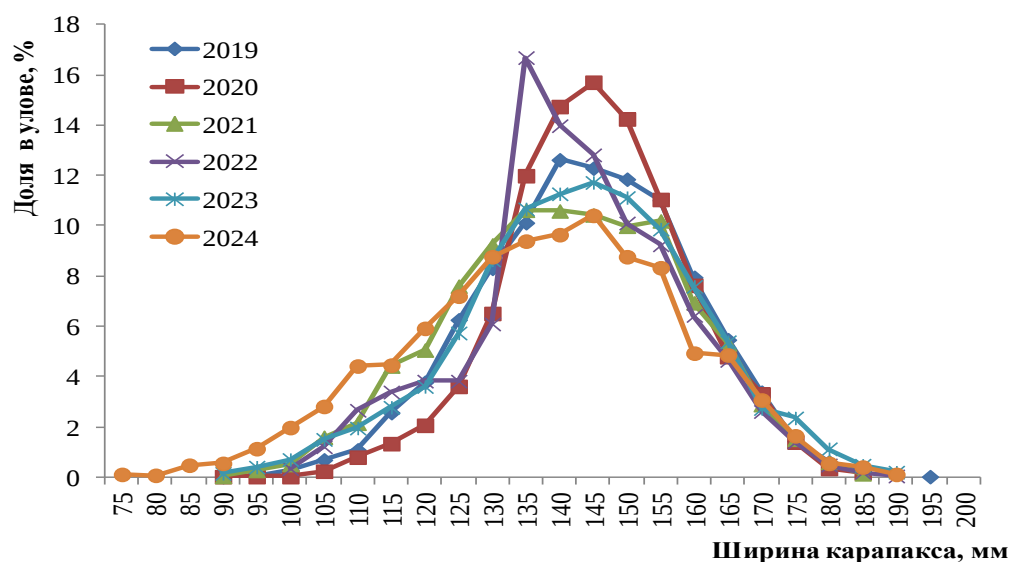


Рис. 4. Размерный состав самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне по данным, полученным в режиме мониторинга промысла

Таблица 5

Показатели размеров и массы промысловых самцов синего краба по данным, собранным в режиме мониторинга промысла в Западно-Камчатской подзоне

Период промысла		Средний размер, мм	Средняя масса, кг
2019 январь		147,7	1,87
2020	март	148,3	-
	апрель	143,4	-
2021 январь		147,5	1,95
2022 март		145,2	1,90
2023 апрель		148,1	2,04
2024 ноябрь		147,7	1,97

В последние годы в уловах учетных и промысловых порядков всегда преобладали самцы синего краба промыслового размера (рис. 5), при этом их доля в уловах промысловых порядков составляла в среднем 76%, в учетных – 65%. В целом, соотношение размерных группировок самцов в обоих случаях сходно, за исключением доли молоди, которая значительно выше в учетных орудиях лова. Ловушечные съемки проводятся на обширной площади и нацелены на учет всех функциональных групп самцов, в том числе будущего пополнения промыслового запаса, тогда как промысел осуществляется на локальных участках, с преобладанием промысловых самцов.

При анализе качественного состава уловов самцов синего краба по данным учетных ловушечных съемок, обращает на себя внимание сравнительно высокая доля дальнего пополнения (молодь и пререкруты II) в 2022 и 2023 гг. Кроме того, в 2024 г. в уловах промысловых порядков зафиксировано необычно большое относительное количество самцов с ШК менее 120 мм. Вышеуказанные обстоятельства можно рассматривать в

качестве положительной тенденции в части существующего потенциального пополнения промыслового запаса.

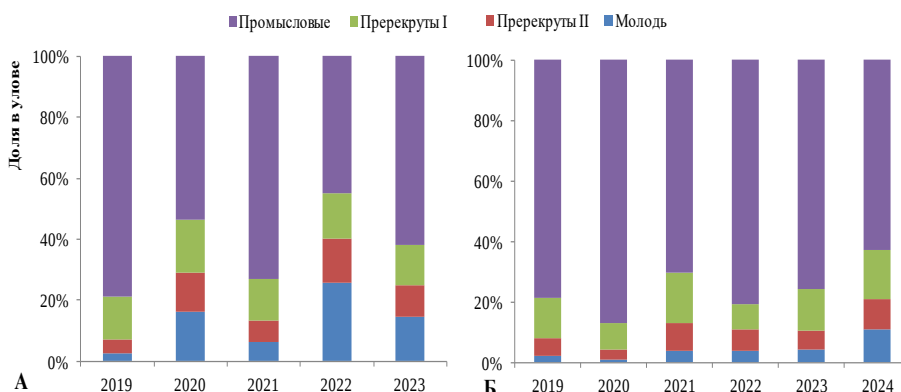


Рис. 5. Состав уловов самцов синего краба в Западно-Камчатской подзоне по данным учетных ловушечных съемок (А) и данным мониторинга промысла (Б)

По модельным оценкам, численность промысловых самцов на начало 2024 г. оценивается на уровне 17,52 млн экз., биомасса – 29,78 тыс. т (рис. 6, 7). Вероятность того, что оценка биомассы промыслового запаса на начало 2024 г. ниже граничного ориентира, составляет 0%, ниже целевого ориентира – 76,0%.

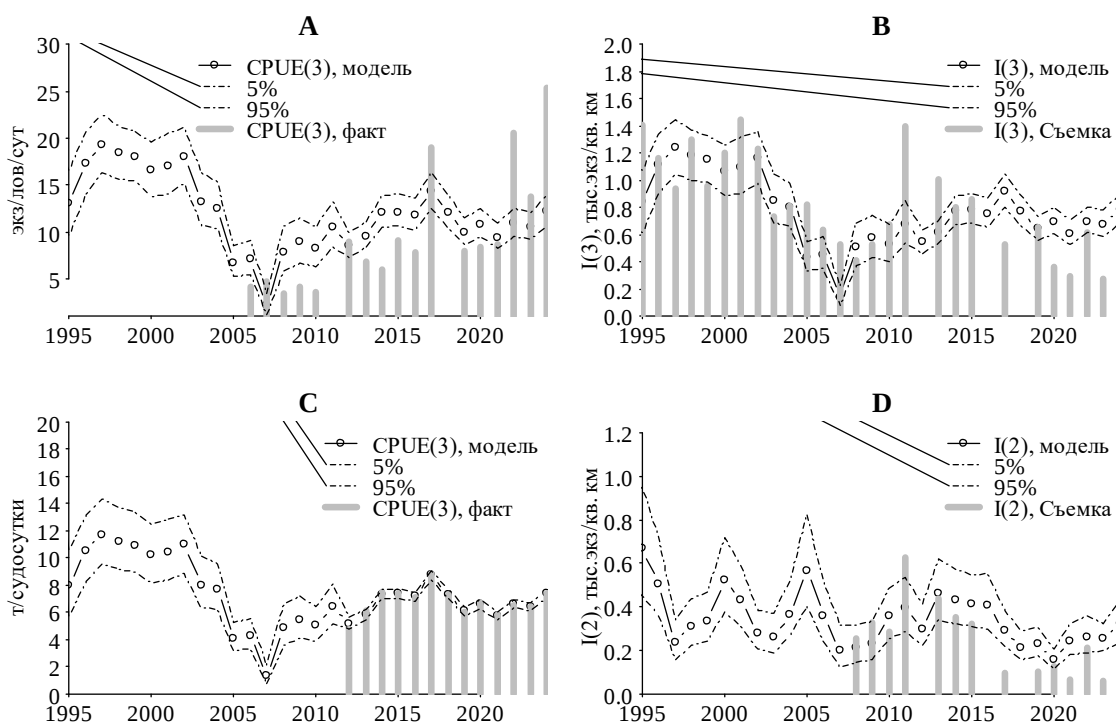


Рис. 6. Исходные и отфильтрованные данные мониторинга (А) и промысловой статистики (С) об уловах на усилие, учетных ловушечных съемок о плотности промысловых самцов (В) и пререкрутов I (D) синего краба в Западно-Камчатской подзоне. Пунктирные линии показывают 90% доверительные интервалы

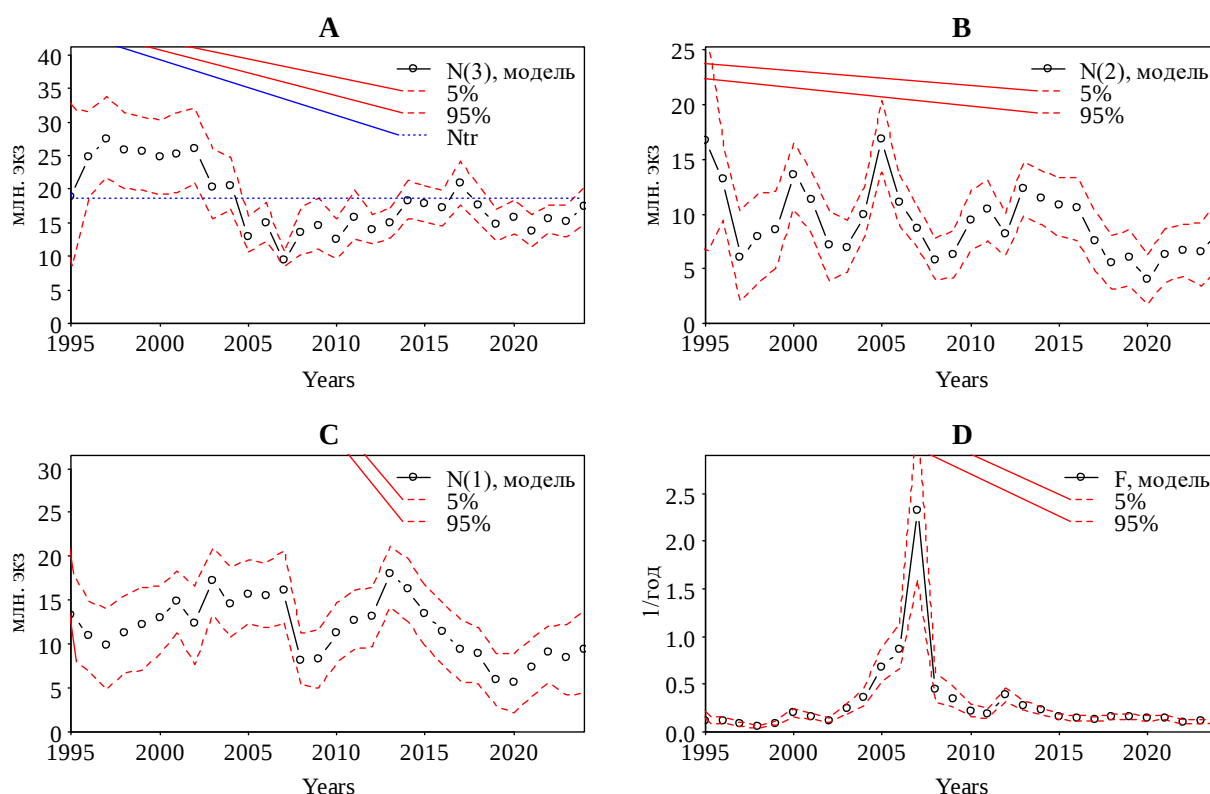


Рис. 7. Численность промысловых самцов (А), пререкрутов I (В) и пререкрутов II (С), и коэффициенты промысловой смертности (D) синего краба в Западно-Камчатской подзоне. Пунктирные линии показывают 90% доверительные интервалы. Результаты модельных оценок, в сравнении с данными ловушечных съемок и уловами на усилие, представлены на рисунке 6

Определение биологических ориентиров

Оценки некоторых целевых и граничных биологических ориентиров для зонального правила регулирования промысла (ПРП) были определены в обосновании ОДУ синего краба на 2024 г. и представлены в таблице 6. В настоящем обосновании ориентиры не изменились.

Таблица 6

Интервальные оценки биологических ориентиров

Параметр	2,50%	Median	97,50%
$F_{45\%}$, 1/год	0,198	0,212	0,227
$F_{40\%}$, 1/год	0,239	0,257	0,276
$F_{0,1}$, 1/год	0,216	0,236	0,257
$B_{25\%B_{vir}}$, тыс. т	15,69	17,00	18,23
B_{loss} , тыс. т	14,50	16,74	19,18

Оценка граничного ориентира по биомассе промысловых самцов составила $B_{lim}=16,7$ тыс. т (9,8 млн экз.).

В качестве целевого ориентира по мгновенному коэффициенту промысловой смертности выбрали нижнюю границу 95% доверительного интервала предосторожного ориентира $F_{45\%}$ (по модельным оценкам 2022 г.), т.е. $F_{tr}=0,198$ год⁻¹. В терминах доли изъятия эта величина составляет 16,3%.

Соответствующий целевой ориентир по биомассе промысловых самцов V_{tr} легко определить по кривой равновесной промысловой биомассы на пререкрута (рис. 8). При численности пререкрутов на среднемноголетнем уровне (12,18 млн экз.) и средней массе промысловых самцов 1,7 кг, он составит 31,2 тыс. т (18,7 млн экз.). Формула для нахождения значений равновесной промысловой биомассы на пререкрута имеет вид:

$$\frac{FSB}{N_1}(f) = \frac{1.7N_3}{N_1}(f) = 1.7 \frac{p_1 p_2 \exp(-fs_1 - M_1) \exp(-fs_2 - M_2)}{(1 - \exp(-fs_3 - M_3))(1 - (1 - p_2) \exp(-fs_2 - M_2))},$$

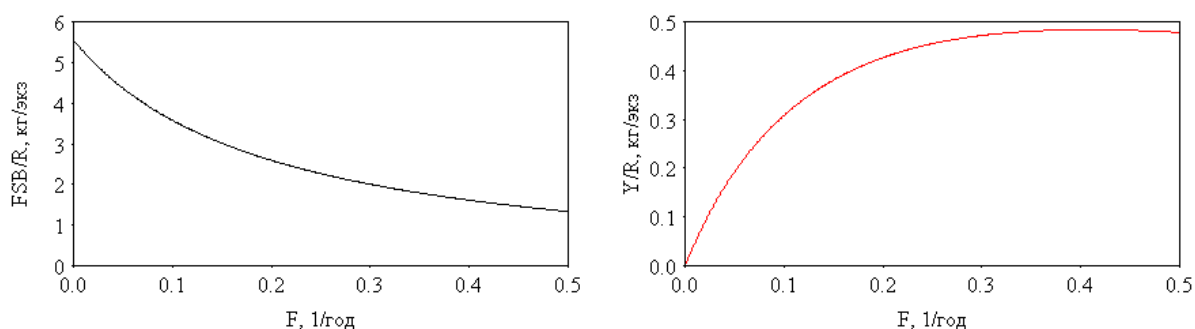


Рис. 8. Кривые равновесной биомассы промысловых самцов (слева) и равновесного улова (справа) на пререкрута

Обоснование правил регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках «предосторожного» подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП синего краба, цель которого – поддержание запаса на уровне высокой продуктивности V_{tr} и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью промысла F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 10.

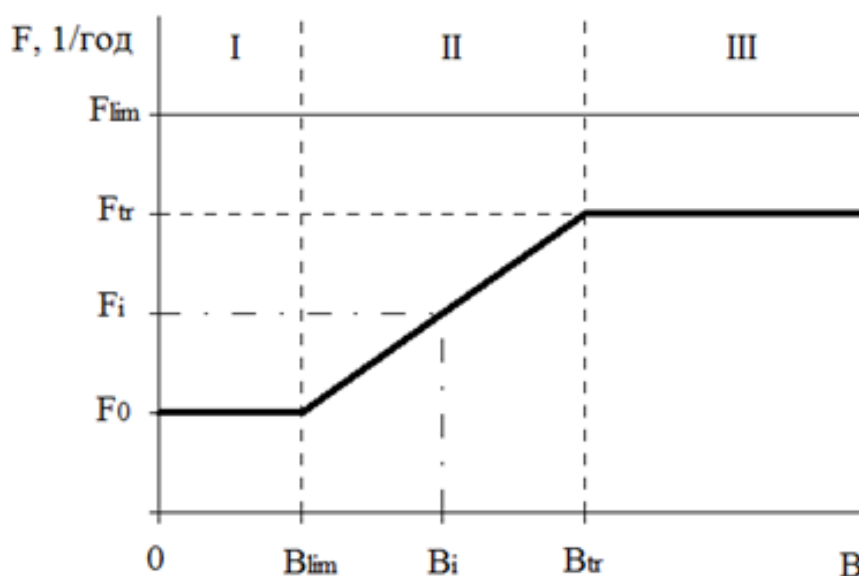


Рис. 9. Схема правила регулирования промысла

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{rec_i} = 0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{rec_i} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$, $F_0 = 0$,

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

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования состояния запаса использовали те же значения мгновенных коэффициентов естественной смертности, что и в ретроспективе. В качестве величины пополнения на прогнозный период приняли среднемноголетнюю численность пререкрутов, «зашумленную» с учетом логнормального распределения ошибки параметров (медиана – 11,73 млн экз.). В качестве стартовых значений использовали «зашумленную» численность функциональных групп в терминальном году. Далее, численность функциональных групп на 2 года вперед оценивали по формулам используемой модели динамики численности функциональных групп:

$$N_{i,2} = p_1 N_{i-1,1} S_{i-1,1} + (1 - p_2) N_{i-1,2} S_{i-1,2},$$

$$N_{i,3} = p_2 N_{i-1,2} S_{i-1,2} + N_{i-1,3} S_{i-1,3}, \quad \text{где}$$

$$S_{i,j} = \exp(-Z_{i,j}), Z_{i,j} = M_{i,j} + F_{i,j}, \quad i=1,2$$

$N_{i,1}$, $N_{i,2}$, $N_{i,3}$ – численность функциональных групп – пререкрутов, рекрутов и промысловых самцов в i -м году;

$M_{i,j}$ – мгновенные коэффициенты естественной смертности;

$F_{i,j}$ – мгновенные коэффициенты промысловой смертности в i -м году;

p_j – вероятность линьки в j -ой функциональной группе, $j=1,2,3$.

Затем провели статистическую обработку полученной выборки.

На начало 2025 г. прогнозная медианная оценка численности промысловых самцов синего краба, согласно расчетам по указанным формулам, составит 18,71 млн экз., биомасса – 31,81 тыс. т. Вероятность того, что биомасса промыслового запаса на начало 2025 г. окажется ниже целевого ориентира, составляет 49,8%, ниже граничного ориентира – 0%.

Таким образом, по модельным оценкам, в течение ближайшего года численность промысловых самцов синего краба на шельфе Западной Камчатки незначительно вырастет.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Полученная медианная оценка промысловой биомассы соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 9). Согласно ПРП, соответствующее рекомендуемое значение доли изъятия для промысловых самцов синего краба западнокамчатского шельфа в 2025 г. составит 16,3% от величины промыслового запаса.

Величину вылова промысловых самцов синего краба западнокамчатского шельфа на i -й прогнозный год рассчитывали по формуле:

$$C_{i,3} = N_{i,3} E_i; E_i = \frac{F_{reci3}}{(F_{reci3} + M_{i,3})} (1 - \exp(-(F_{reci3} + M_{i,3}))),$$

где F_{reci} – рекомендуемое значение интенсивности промысла, а E_i – доля изъятия в i -й прогнозный год.

Медианная оценка возможного вылова синего краба шельфа Западной Камчатки в 2025 г. составила 5,185 тыс. т, что на 62,9% превышает утвержденный объем ОДУ на 2025 год (3,184 тыс. т).

Вместе с тем, в соответствии с Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов, утвержденными приказом ФГБНУ «ВНИРО» от 10.04.2023 № 81, предельный уровень изменения ОДУ для данной единицы запаса, имеющей статус «восстанавливающийся», составляет $\pm 30\%$.

При таком подходе ОДУ краба синего в Западно-Камчатской подзоне может составить 4,139 тыс. т, что на 0,955 тыс. т превышает утвержденный объем ОДУ на 2025 г. (3,184 тыс. т).

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба синего в Западно-Камчатской подзоне на 2025 г. в сторону увеличения на 0,955 тыс. т, с 3,184 тыс. т до 4,139 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса промыслового запаса синего краба шельфа 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. 10). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованный уровень $\alpha = 0,1 - 0,2$ [Бабаян, 2000], а вероятность превышения целевого ориентира по промысловой биомассе через 10 лет составляет 39,5%.

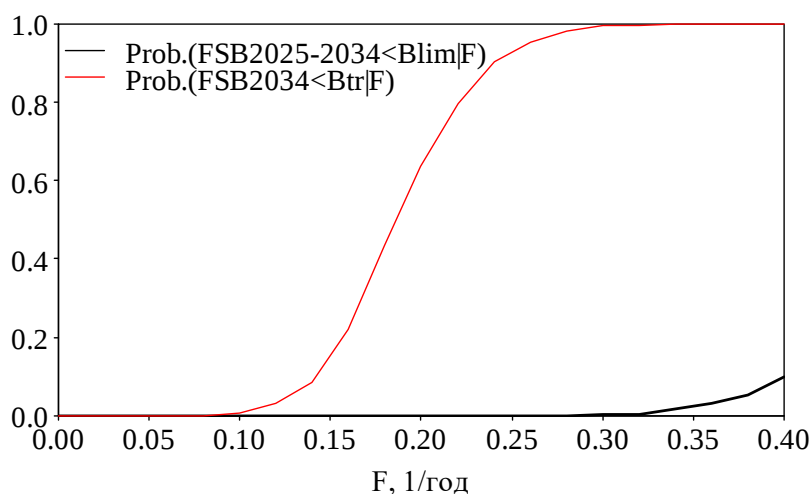


Рис. 10. Вероятность падения промысловой биомассы синего краба Западно-Камчатской подзоны ниже граничного ориентира

На рисунке 11 представлены результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Так, при сделанных предположениях относительно пополнения и уровне изъятия в соответствии с установленным ПРП, промысловый запас синего краба после 2024 г. с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет находиться вблизи уровня высокой продуктивности (целевого ориентира).

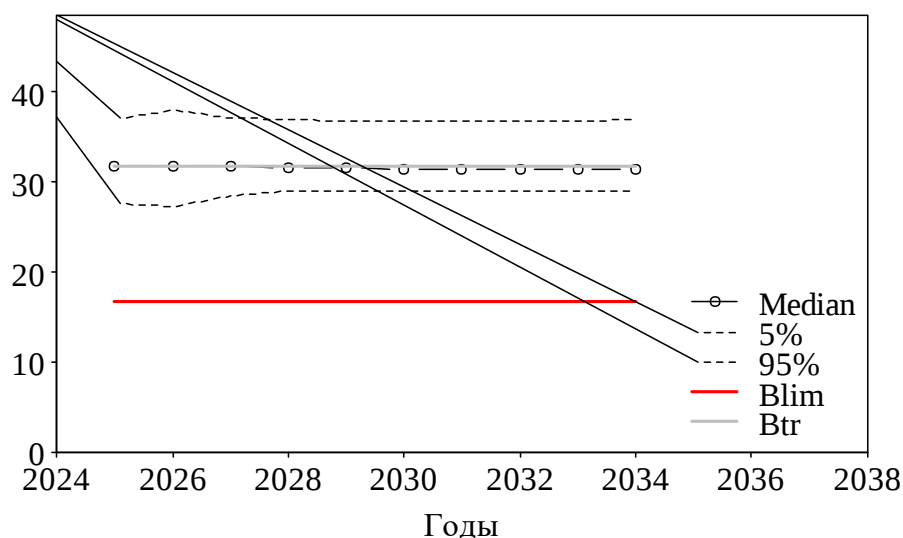


Рис. 11. Модельная динамика биомассы промыслового запаса синего краба Западно-Камчатской подзоны, при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

КРАБ-СТРИГУН ОПИЛИО (*Chionoecetes opilio*)

61.05 – зона Охотское море

61.05.1 — Северо-Охотоморская подзона

Исполнитель: С.М. Русяев («МагаданНИРО»)

Куратор: Д.О. Алексеев (ФГБНУ «ВНИРО»)

Информационное обеспечение прогноза

В период с 28 июня по 29 июля 2024 г. в Северо-Охотоморской подзоне была выполнена донная траловая съёмка на СТР «Сланцы» (судовладелец – ОАО «РК «Приморец»), которая позволила получить новые научные данные по состоянию запаса краба-стригуна опилио. Площадь акватории Северо-Охотоморской подзоны, охваченная донной траловой съёмкой в 2024 г., составила 202,1 тыс. км² (58,9 тыс. миль²). В ходе съёмки выполнено 143 станции в границах Северо-Охотоморской подзоны. Дополнительно для оконтуривания промыслового скопления краба было выполнено 4 траления в Западно-Камчатской подзоне на границе с Северо-Охотоморской подзоной.

В качестве дополнительной информации привлечены данные судовых суточных донесений (ССД), содержащиеся в отраслевой системе мониторинга (ОСМ) «Рыболовство» за период 2014-2024 гг., материалы, собранные научным наблюдателем «МагаданНИРО» на промысле краба-стригуна опилио в 2023 г., результаты учетных траловых и ловушечных съёмок, выполненных в 2017, 2019 и 2021 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Параметры актуальных исследований краба-стригуна опилио Северо-Охотоморской подзоны в 2017-2023 гг., используемых для прогнозирования состояния запаса

Год	Площадь, тыс. км ²	Количество станций	Количество проанализированных особей краба-стригуна опилио, экз.	Тип проведения исследований
2017	53,5	37	3298	Ловушечная съёмка
2019	18,7	78	7799	Ловушечная съёмка
2021	135,8	90+63	5487	Тралово-ловушечная съёмка
2023	24,8	72	1624	Мониторинг промысла
2024	202,0	143	9740	Траловая съёмка

В 2017-2024 гг. исследованиями была охвачена большая часть ареала краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, имеются многолетние ряды данных промысловой статистики. В связи с этим, структура и качество доступного информационного обеспечения для данной единицы запаса соответствуют II уровню в соответствии с приказом

Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104. При этом, доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей эксплуатируемого запаса.

Вместе с тем, значительная площадь обитания краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, пространственная неравномерность распределения запаса и соответственно – промысла, существенно усложняют использование математических моделей.

В связи с этим, прогнозирование состояния запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне выполнено с помощью эмпирических, трендовых и индикаторных методов, применяемых в случае дефицита информации.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка численности краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне выполнена по данным траловых съемки 2024 гг. выполнена методом сплайн-аппроксимации, алгоритм которого описан Д.А. Столяренко [Stolyarenko, 1986, 1987], с помощью программы ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2006; Бизиков и др., 2016]. Коэффициент уловистости краба-стригуна опилио донным тралом (ДТ 27.1/24.4) принят равным 0,6 (такой коэффициент уловистости донного трала традиционно применяется ФГБНУ «ВНИРО» и его филиалами для оценки численности краба-стригуна опилио в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне). Биологическому анализу подвергнуто 9740 экз. краба-стригуна опилио. Полученная величина промыслового запаса стригуна опилио (242 тыс. т) весьма значительна, так как получена на акватории существенно превышающей площади акваторий многолетней дислокации флота. Предложено эту оценку запаса по результатам съемки на всей акватории подзоны считать «индикативной», полезной для параметризации внедряемых моделей оценки запасов. Для целей определения промыслового запаса на 2025 г. она должна быть скорректирована особой процедурой.

Такую процедуру выполнили следующим образом. Оценку промыслового запаса провели на акватории, охватывающей только район многолетнего ведения промысла. Для чего предварительно была построена карта дислокации флота за последние 5 лет, включающая 90% позиций судов, имевших вылов объекта. Такой подход также обосновывается внедрением концепции доступного запаса, как части промыслового запаса [Буяновский, 2023]. Данная акватория имела форму многоугольника, находящегося между 148 и 153° в.д. Северной границей этого района, являлась изобата 125 м, – квази-минимальная, на промысле краба-стригуна опилио в данном районе, южной границей являлась 56° с.ш. В соответствии с этими параметрами промысловый запас краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне в целях прогнозирования его вылова и определения ОДУ составил 133,3 тыс. т.

Для оценки состояния запаса («статуса»), а также в целях диагностики величины запаса использованы данные промышленного лова (на основе данных ССД, представляемых ФГБУ «ЦСМС») среднетоннажного флота за 10-летний период (2014-2024 гг.; использовано медианное значение уловов).

Десятилетний период анализа данных обосновывается биологическими параметрами популяции: достижение промыслового размера крабом-стригуном опилио наблюдается на 9-10 году жизни [Sainte-Marie et al., 1995], а максимальная продолжительность жизни самца составляет 20 лет [Буяновский, Горянина, 2018].

Данные промышленного лова 2024 г. прошли частичную фильтрацию по процедуре, описанной ранее [Буяновский, 2022]. В частности, выполнялся выбор и устранение данных добывающих судов с аномальными годовыми приростами средних суточных уловов.

Последующая процедура стандартизации межгодовой динамики уловов на усилие, обеспечивающая снижение «зашумлённости» этого индекса (среднесуточный улов) выполнена с использованием обобщённой линейной модели (GLM, ПО «Statistica» v.10), имеющей следующий вид:

$$\log(CPUE_i) = \alpha_0 + \alpha_{v_i}^V + \alpha_{d_i}^D + \alpha_{m_i}^M,$$

где $CPUE_i$ (среднесуточный улов); коэффициенты судна (V, v), глубины (D, d), месяца (M, m).

Использование данных и вышеуказанных процедур в прогнозе ОДУ краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне на 2025 г. выглядит следующим образом (рис. 1).

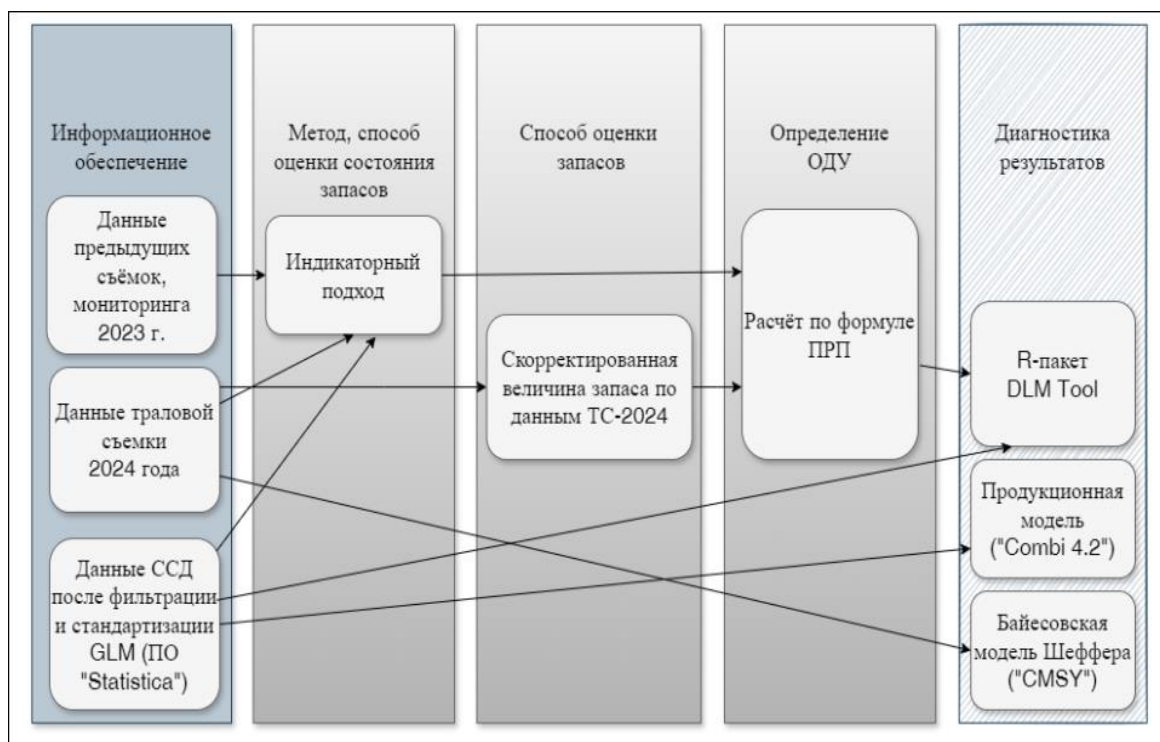


Рис. 1. Схема использования данных и методов в процедурах оценки запасов и прогноза ОДУ краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне на 2025 г.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промысел ориентируется на два основных типа скопления крабов: нагульные и репродуктивные. Нагульные скопления краба формируются из особей, достигших терминальной линьки в разные годы и которые размещаются на глубинах 220-350 м. В нагульных скоплениях доминируют (80-90%) самцы краба, преодолевшие терминальную линьку в предшествующем году. Такие скопления устойчивы в пространстве, в период с мая по декабрь, что и предопределило выделение трех промысловых участков при исследовании функциональной структуры популяции [Карасёв, 2014].

Промышленный вылов краба-стригуна опилю в северной и северо-западной частях Охотского моря до начала 90-х гг. XX в. составлял от 1 до 1,5 тыс. т ежегодно. С 1992 по 1995 гг. лов объекта вёлся по научным квотам в целях разведки запасов. С 1996 по 2011 гг. разведанные запасы краба стали осваиваться промышленным способом, что способствовало увеличению объема ОДУ этого объекта. В период с 2012 по 2015 гг. впервые наблюдалось снижение средней плотности самцов на фоне слабого промыслового пополнения, что заставило снизить объёмы освоения ресурса. В связи с увеличением промыслового запаса и постепенным переходом к 15% доле изъятия, начиная с 2016 г., ОДУ краба-стригуна опилю постепенно увеличивался, а его освоение также было стабильно высоким (91-100% от ОДУ). Максимальный объем ОДУ краба-стригуна опилю был утверждён на 2019 г. (21 тыс. т), когда и был достигнут максимальный вылов краба, который составил 20,855 тыс. т (99,3% ОДУ). В том же 2019 г. обозначилась явная тенденция снижения среднесуточного вылова в связи с сокращением численности промыслового запаса, что потребовало снижения ОДУ. Количество судов на промысле достигло максимальных значений в 2023 г (табл.2).

Таблица 2

Динамика количества судов на промысле краба-стригуна опилю в Северо-Охотоморской подзоне в 2015-2024 гг. (по данным ССД, уточненная)

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Общее кол-во судов	45	52	62	65	68	65	87	86	99	92

При этом, показательной стала сезонная дислокация флота. Часть добывающего флота сместилась в центральный и северо-восточный участок, так как северо-западный участок уже не обеспечивал удовлетворительные уловы. Объем ОДУ на 2022-2024 гг. был снижен (рис. 2), однако в этот период стала набирать силу тенденция добычи краба как продукта в живом виде, что снова привело к увеличению количества добывающих судов на промысле.

Промысел краба-стригуна опилю начинается со второй декады апреля. Наиболее активно добыча краба в Северо-Охотоморской подзоне осуществляется в мае и июне, когда облавливаются скопления краба,

расположенные к востоку от 148° в.д. Темп ежегодного освоения промышленных квот к августу снижается, лишь несколько ускоряясь к концу года [Метелёв и др., 2021]. Средние суточные уловы краба в большинстве месяцев 2024 г. оказались выше среднееголетних (Рис. 3), пик промысла пришёлся на май-июнь и существенно повлиял на годовой показатель среднесуточного улова.

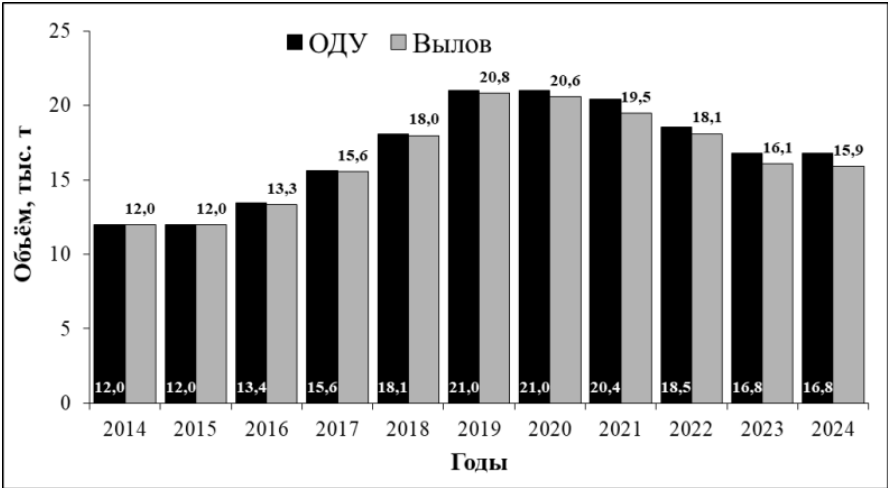


Рис. 2. Динамика ОДУ и вылова краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне в 2014-2024 гг.

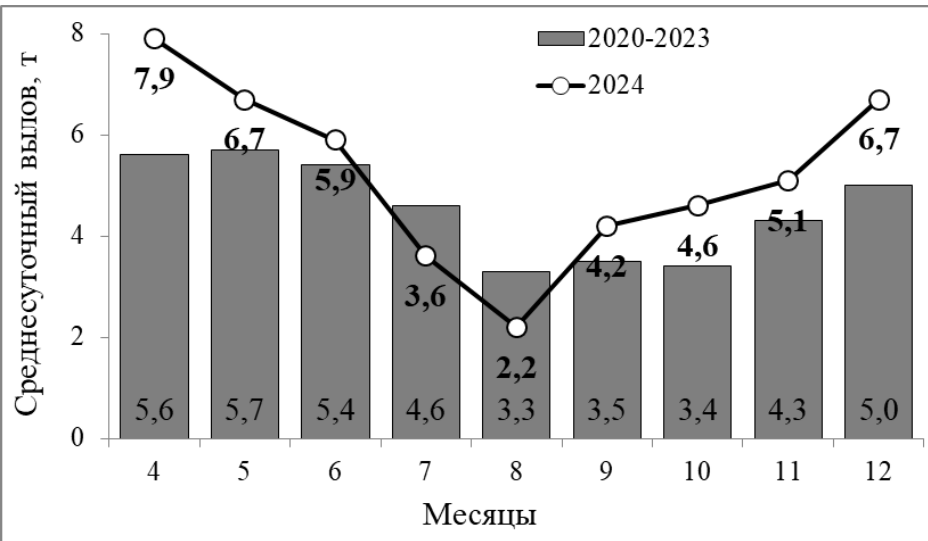


Рис. 3. Динамика среднесуточных уловов краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне по месяцам в 2020-2024 гг.

Согласно многолетним данным ССД, традиционно и интенсивно эксплуатируются запасы краба в северо-восточной части подзоны, составляя в отдельные годы до 90% общего вылова (табл. 3).

Таблица 3

Распределение вылова краба-стригуна опилио по промысловым участкам в 2013-2024 гг. и оценка неравномерности изъятия (А), %

Участки	Среднее за периоды, год				
	2013-2016	2017-2019	2020-2022	2023	2024
Северо-восточный	72	81	66	90	96
Центральный	20	14	18	3	1
Северо-западный	8	5	16	7	3

В последние годы прослеживалась тенденция снижения вылова в этом районе. В 2023 г. значение северо-восточного промыслового участка вновь существенно повысилось. Причиной увеличения в вылове 2023 г. доли северо-восточного участка, скорее всего, стало поздний, сезонный выход судов на промысел, что уменьшило поисковый характер лова, создав ситуацию без рискованного промысла на северо-восточном участке.

Учетные съемки краба-стригуна опилио 2017 и 2019 гг. проведены в не самые оптимальные сроки, на ограниченных акваториях, с различной дискретностью ловушечных станций, что по совокупности существенно снизило их ценность. Поэтому, текущий прогноз в большей степени основывается на результатах съемок 2021 и 2024 гг., проведенных в один период на обширной акватории. Результаты съемки 2021 г. показали снижение не только размеров самцов, но и снижение доли промысловых самцов. Промысловый запас на всей акватории съемки был оценен в 133,2 тыс. т, что потребовало снижения ОДУ этого промыслового объекта в 2022 и 2023 гг. основные скопления промысловых самцов были зафиксированы на северо-востоке подзоны. Результаты съемки 2024 г. показали, что численность промысловых самцов значительно выросла. При этом, плотные скопления краба также зафиксированы только на северо-востоке обширного района, в районе дислокации флота. Согласно результатам съёмки, плотность скоплений промысловых самцов краба-стригуна опилио увеличилась по сравнению с аналогичной съёмкой 2021 г. почти в 2 раза, с 460 экз./км² до 940 экз./км² (табл. 4), что и дало основание для корректировки промыслового запаса.

Таблица 4

Оценки численности краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне по данным траловых съемок 2021 и 2024 гг., млн экз.

Размерно-функциональная группа	Год исследований		Изменение численности, ±Δ 2021-2024, %
	2021	2024	
Промысловые самцы (ШК > 100 мм)	122,70	241,656	96,9
Непромысловые самцы (ШК < 100 мм), в том числе:	418,230	577,169	38,0
- пререкруты I (ШК 80-99 мм)	-	161,695	
- молодь (ШК 50-79 мм)	-	371,709	
- молодь (ШК < 50 мм)	-	44,977	
Самки	664,083	436,797	-34,2

Динамика расчетного промыслового запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне (табл. 5) в 2014-2024 годы опиралась на данные среднесуточного вылова (за исключением 2017, 2019, 2021 и 2024 гг.— лет, когда проводились съемки).

Однако величина промыслового запаса 2024 г., как указано выше, была рассчитана только для части акватории (северо-восток ареала популяции), доступной промыслу, что устанавливает более четкую связь между

ресурсами и их эксплуатацией. Основанием для реализации этого подхода является многолетняя тенденция дислокации флота на северо-восточном участке промысла (табл. 6).

Таблица 5

Динамика средних суточных уловов на промысле краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне в 2014-2024 гг. по промысловым участкам (по данным ССД), т

Участок	Год										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Северо-восточный	6,8	7,7	6,2	6,1	5,6	5,2	4,2	4,6	5,1	4,9	4,9
Центральный	5,9	5,8	4,6	5,5	5,1	6,6	5,9	4,7	3,6	2,8	4,6
Северо-западный	3,0	5,4	3,7	-	4,5	5,9	5,7	4,6	4,3	3,6	5,2
В среднем:	5,9	7,1	6,1	5,7	5,5	5,4	4,8	4,6	4,9	4,7	4,9
Стандартизированная величина, с учетом фильтрации	5,7	6,9	6,0	5,6	5,6	5,4	4,6	4,6	4,9	4,6	4,8

Таблица 6

Динамика расчетного промыслового запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне в 2014-2024 гг., тыс. т

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Промысловый запас	130,5	–	198,9	184,6	174,5	156,9	142,5	129,1	140,9	133,0	133,3

Динамика средней ширины карапакса самцов краба-стригуна опилио, начиная с 2017 г., относительно стабильна. В уловах съёмок, в зависимости от районов, преобладают самцы с шириной карапакса от 80 до 150 мм. Доля особей размером более 100 мм колеблется от 19 до 96%. Узкопалые самцы составляют 0,8-1% от общего количества особей в пробах. В 2021 г. средние размеры самцов, по сравнению с 2017-2018 гг., увеличились на двух участках, где промысел имел меньшую интенсивность.

Важный момент анализа биологической информации по крабу-стригуну опилио в Северо-Охотоморской подзоне – динамика его размера в северо-восточном участке, где традиционно сосредотачивается промысловый флот. В 2021 г. отмечено снижение размеров самцов, относительно 2019 г. В 2024 г. на северо-восточном участке средний размер промысловых самцов был заметно выше наблюдавшихся в 2021-2023 гг. (табл. 7), что отражает благополучное состояние популяции этого объекта в подзоне.

Таблица 7

Средняя ширина карапакса и доля самцов краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, по участкам за 2017-2024 гг.

Год	Промысловый участок			N, экз.
	Северо-западный участок	Центральный участок	Северо-восточный участок	
2019	нет данных	117,8	121,9	2129
2021	нет данных	114,0	114,6	5487
2023	117,3	116,1	111,2	1780
2024	117,2	113,8	119,3	2448

Определение биологических ориентиров

Для управления запасом краба-стригуна опилио определены граничный и целевой ориентиры (FSB_{lim} и FSB_{tr}). Эти ориентиры управления в предыдущих прогнозах определялись как доли от максимальной биомассы, за которую была принята величина биомассы краба по результатам съёмки 2008 и 2009 гг. (соответственно – 39,1 тыс. т и 130,4 тыс. т). Эти ориентиры в текущем прогнозе оставлены без изменений. Граничный и целевой ориентиры промыслового запаса рассчитаны на основе общих рекомендаций FAO [1993]:

$$FSB_{lim} = 0,2 \times FSB_{max}; FSB_{tr} = 2/3 \times FSB_{max}.$$

Обоснование правила регулирования промысла

Регулирование промысла объекта осуществляется с помощью трехзонального ПРП: запрет промышленного лова, восстановление запасов и режим устойчивого промысла (рис. 4).

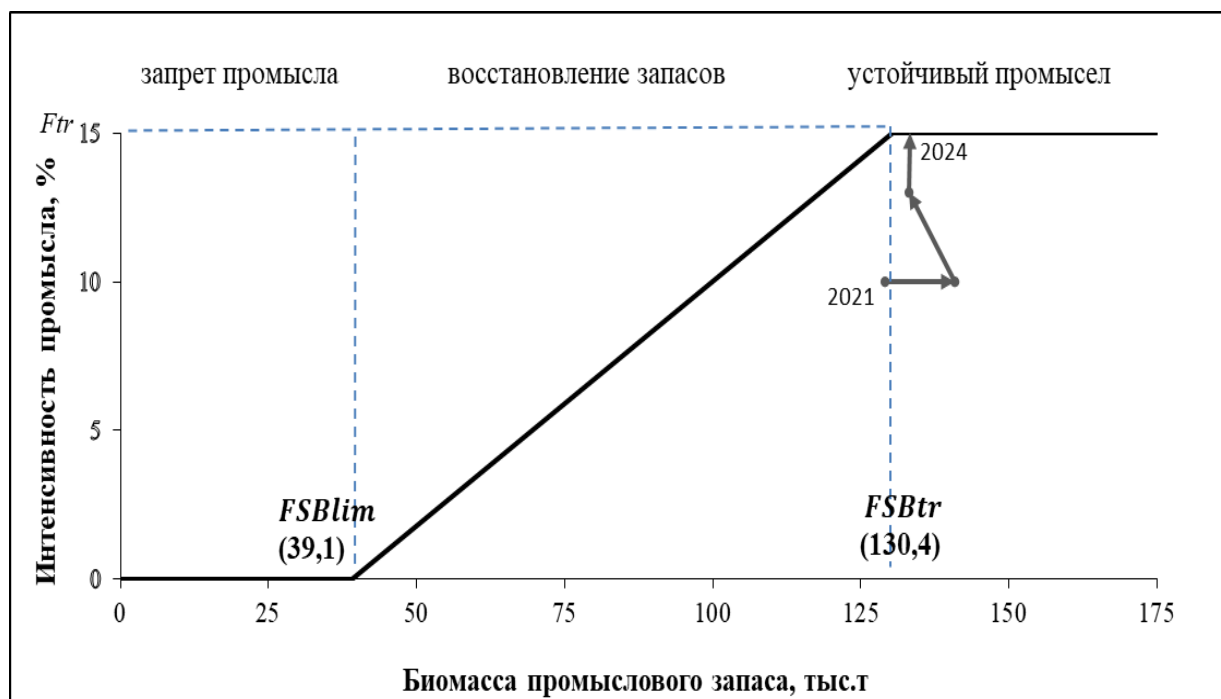


Рис. 4. Схема зонального правила регулирования промысла краба-стригуна опилио и его реализация в 2021-2024 гг.

Величина прогнозируемой промысловой биомассы в текущий период перешла в зону устойчивого промысла восстановления запаса, что согласно принципам определения цели эксплуатации [Алексеев и др., 2017] соответствует цели: *обеспечение стабильного вылова*.

При изменении состояния запаса, в пределах границ каждого ориентира, интенсивность промысла меняется, увеличивая или снижая показатель эксплуатации запаса. Соответственно, изменяется рекомендуемая величина общего улова. В случае если запас оценивается объёмом менее FSB_{lim} – вводится запрет на промысел. При оценке запаса в пределах

значений от FSB_{lim} до FSB_{tr} интенсивность промысла устанавливается от 5 до 15% от промыслового запаса. При достижении промысловым запасом значений, превышающих FSB_{tr} , уровень изъятия составляет 15% от промыслового запаса. В силу нахождения промыслового запаса выше граничного состояния FSB_{tr} , и крайне высокой плотности промысловых самцов в районе промысла принято решение увеличить уровень изъятия до 15%.

Для определения интенсивности эксплуатации запаса применяется линейно-кусочная функция интенсивности промысла (F), параметры которой устанавливаются в соответствии с ориентирами управления. Для устойчивого промысла краба-стригуна опилю в Северо-Охотморской подзоне, уровень изъятия в общем виде можно представить так:

$$B_i \geq B_{tr}; F_i = F_{tr} = const;$$

где B_i – промысловая биомасса в расчётный год, F_i – расчётная интенсивность промысла, B_{tr} – граничная биомасса, F_{tr} – граничная интенсивность промысла.

Прогноз промысловых запасов

На основе имеющейся биологической и промысловой информации была выполнена интегральная оценка состояния запаса краба-стригуна опилю с помощью индикаторного подхода. Границы индикаторов определены методом перцентилей на основе их годовых значений за период 2000-2024 гг.

Используемые индикаторы соответствуют требованию длины ряда непрерывных наблюдений, предъявляемых для определения состояния запаса [Буяновский, 2012]. Среднесуточный вылов (ССВ) является приоритетным индикатором. Вес этого индикатора – наибольший, и наиболее репрезентативный по сравнению с другими, получаемыми в нерегулярных съёмках, к тому же – ограниченных во времени и пространстве. Для оценки состояния запаса использованы также вспомогательные индикаторы: степень травматизма динамика падения сезонного лова (май-июль), ширина карапакса промысловых самцов (ШК, мм) и доля промысловых самцов (табл. 8).

Многолетний статистический ряд наблюдений имеет значительную вариабельность по объёму информации, поэтому оценка современного состояния запаса краба-стригуна опилю носит приближенный характер.

Учитывая наличие только «желтого» цвета индикаторов, их вес, тренд динамики приоритетного индикатора – состояние запаса оценивается как «стабильное», и соответствует статусу – «стабильный» Определение границ допустимой (биологически безопасной) области управления запасом выполнено с учётом положений, изложенных в работах В.К. Бабаяна [2000] и А.И. Буяновского [2012]. Величина промыслового запаса краба-стригуна опилю (биомасса промысловой части популяции) в Северо-Охотморской подзоне на 2025 г., рассчитана с помощью ПО «Картмастер» на основе данных, полученных в траловой съёмке 2024 г. Промысловый запас краба-

стригуна опилио составил 133,300 тыс. т. (194 031 млн экз.). Пересчёт численности промыслового объекта на величину его биомассы – выполнен исходя из средней массы промыслового самца в 0,687 кг, которая была получена по результатам съемки 2021 г.

Таблица 8

Основные индикаторы состояние запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, оцениваемые по результатам исследований в 2000-2024 гг.

Индикатор состояния запаса	Нейтральная (желтая) зона значений индикаторов	Значение индикатора и цвет зоны его положения	Вес индикатора, с учетом временной актуальности данных (год сбора информации)
Среднесуточный вылов (ССВ), т	4,7-5,7	4,8 желтый	40 (2024)
Сезонная динамика падения ССВ (май-июль), т/месяц	2,0-2,6	1,9 зеленый	25 (2024)
Доля промысловых самцов, %	85-93	93 желтый	20 (2024)
Размер (ШК), мм	115-118	115 желтый	10 (2024)
Травматизм, %	20-30	28 желтый	5 (2024)

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

В результате выполнения донной траловой съемки на СТР «Сланцы» в 2024 г. были получены новые данные о состоянии запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне. Оценка промыслового запаса, полученная в 2024 г., почти в 2 раза, превышает оценки 2021 г.

Величина прогнозируемой на 2025 г. промысловой биомассы краба-стригуна опилио, рассчитанная по данным траловой съемки 2024 г. с учетом динамики промысловых показателей (133,300 тыс. т или 194 031 млн экз.), находится в зоне устойчивого промысла, превышая целевой ориентир управления (189,7 млн экз.), что позволяет применять целевой коэффициент изъятия (15%).

При таком подходе, на 2025 г. к вылову может быть рекомендовано 19,955 тыс. т краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, что превышает величину ОДУ, ранее утвержденную на 2025 г. (17,291 тыс. т), на 15,4% (2,664 тыс. т).

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне на 2025 г. в сторону увеличения на 2,664 тыс. т, с 17,291 тыс. т до 19,955 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

В отсутствие прогностических предикторов (главным образом – величины пополнения), при прогнозировании динамики запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне используется допущение, что основные параметры системы «запас-промысел» в 2025 г. сохранятся на

уровне 2023 г. Статус состояния запасов краба-стригуна опилио Северо-Охотоморской подзоны определен как стабильный. Цель эксплуатации запаса, учитывая приемлемую прогнозируемость и значительное освоение запаса (более 70%), – поддержание стабильного вылова. Такой уровень изъятия (15%) впервые в истории эксплуатации этого ресурса даст возможность оценить эффективность управления запасом при максимальной биомассе запаса.

Анализ промысловых усилий для запаса краба-стригуна опилио в Северо-Охотоморской подзоне, диагностика промысловой биомассы была направлена на оценку её устойчивости. Диагностика рассчитанной величины ОДУ (19,955 тыс. т) была выполнена при помощи сравнительного анализа с распределением рекомендуемых величин вылова, полученных в ходе стохастических экспериментов немодельных методов DLMtools. Предложенные пакетом методы для наших данных – показали достаточно широкий разброс интервалов значений в результатах. Подбор методов выполнялся исходя из предположения, что популяция краба-стригуна опилио является высокопродуктивной с низким или умеренным истощением, а также с учетом текущего поведения запаса и целей управления: промысловый запас краба-стригуна опилио имеет тенденцию к снижению; цель управления — поддержание стабильного вылова. Текущему состоянию запаса и цели управления в наибольшей степени соответствуют результаты расчетов ОДУ, полученные методом ICI2, Iratio. Суть некоторых из этих методов заключается в постепенном изменении ОДУ для поддержания постоянного индекса относительной численности, что близко к логике корректировки ОДУ на основе изменения индекса численности, выполнявшейся в 2013-2021 гг. для краба-стригуна опилио Северо-Охотоморской подзоны, и продолженной в 2024 г.

Сравнение ОДУ (рассчитанного исходя из зонального правила регулирования промысла и коэффициента изъятия, обоснованного историей эксплуатации), с интервальными значениями ОДУ, полученных при использовании методов DLMtool – показали удовлетворительные результаты. Собственная оценка ОДУ находится в пределах 50% интервалов аналогичной расчетной величины предложенных методов DLM (рис. 5).

Использование совокупности методов DLM в качестве диагностической процедуры расчетной величины ОДУ в данном прогнозе выполнено в пробном варианте. По мере отбора методов, и обоснования соответствующего критерия «достаточности выбора», включение такого приёма диагностики станет возможным на постоянной основе – например, как поддержки решения о принятии той или иной величины ОДУ.

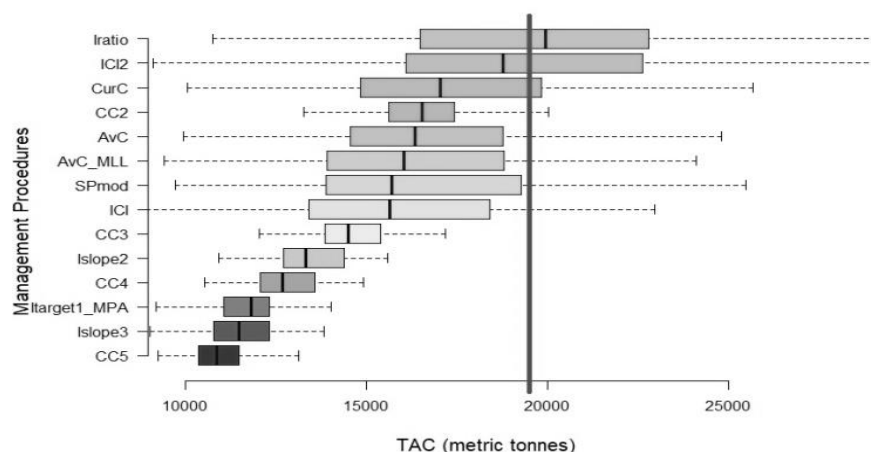


Рис. 5. Графическое представление диагностики расчета ОДУ краба-стригуна опилю методами, реализованными в DLMtool (интервалы величин ОДУ относительно расчётного ОДУ – вертикальная линия)

Для текущего прогноза была выполнена ещё одна процедура диагностики: математическое моделирование оценок запаса по продукционной модели Шефера с байесовским алгоритмом [Bayesian Schaefer Model – BSM; Froese et al., 2017]. Входными данными для модели BSM, как и для всякой продукционной модели, служат временные ряды уловов и индексов численности. В данном случае использовали временной ряд с 1991 по 2024 гг. Условием реализации модели является положение, что биологическая устойчивость вида определяется на основании зависимости ряда уловов, биомассы, ёмкости среды и способности роста популяции. Программная реализация модели Bayesian Schaefer Model является составной частью пакета CMSY в среде программирования R. Доля допустимого изъятия от промыслового запаса краба-стригуна опилю в Северо-Охотморской подзоне по данной модели обоснована на уровне в 15%. Выбранный уровень эксплуатации, соответствует целям регулирования рыболовства, направленным на «предосторожное» изъятие части популяции. Полезное свойство метода: реализация модели в пространстве состояний позволяет оценить, как ошибку процесса в динамике биомассы, так и ошибку наблюдения. Байесовский метод оценки параметров позволяет построить распределение их эмпирических значений и, тем самым, оценить точность полученных результатов. Прогнозируемая биомасса промыслового запаса опилю в Охотском море (COM) на 2025 г. согласно вышеуказанной модели BSM составляет 136 тыс. т. Расширенный функционал модели позволяет рассматривать её в будущем в качестве основного способа расчёта запаса краба-стригуна опилю в Северо-Охотморской подзоне.

КРАБ-СТРИГУН БЭРДИ (*Chionoecetes bairdi*)

61.01 – зона Западно-Берингоморская

Исполнители: А.В. Лысенко, И.С. Черниенко («ТИНРО»)

Куратор: Д.О. Сологуб (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Основанием для разработки материалов, обосновывающих корректировку ОДУ краба-стригуна бэрди в Западно-Берингоморской зоне на 2025 г., послужили результаты учетных донных траловых съёмок, выполненных в Западно-Берингоморской зоне в июле-августе 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» и НИС «ТИНРО». Общее количество донных тралений в Западно-Берингоморской зоне в 2024 г. составило – 190. Площадь исследованной акватории Западно-Берингоморской зоны на глубинах от 30 до 350 м составила 164 тыс. км² (рис. 1). Кроме того, были привлечены данные предыдущих съёмок, а также данные промысловой статистики.

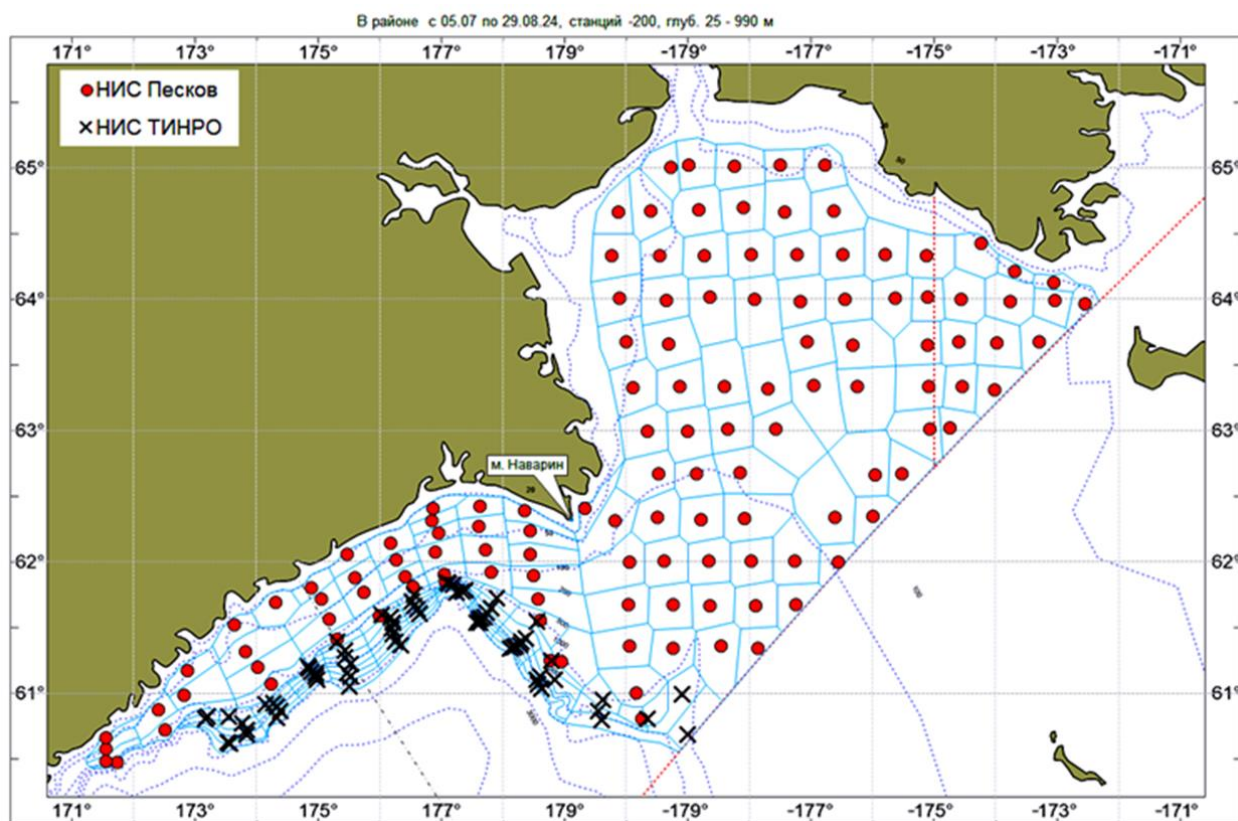


Рис. 1. Карта-схема района работ и траловых станций, выполненных на НИС «Дмитрий Песков» и НИС «ТИНРО» в Западно-Берингоморской зоне в июле-августе 2024 г.

В Западно-Берингоморской зоне, на основании гидрологических и орографических факторов, а также особенностей распределения промысловых гидробионтов, выделяют два района. Первый район –

Анадырский, с севера ограничен по $65^{\circ}30'$ с.ш., с юга по $62^{\circ}39'$ с.ш., с востока ограничен разделительной линией исключительных экономических зон Российской Федерации и США, западная граница проходит по траверзу мыса Фаддея ($62^{\circ}39'51$ с.ш., $179^{\circ}36'52$ в.д.). Второй район – Олюторско-Наваринский, расположен между мысами Фаддея, Наварин ($62^{\circ}16'31$ с.ш. $179^{\circ}05'56$ в.д.) и Олюторский ($59^{\circ}55'33$ с.ш., $170^{\circ}17'17$ в.д.). Олюторско-Наваринский район подразделяют на два промысловых подрайона:

1) Наваринский промысловый подрайон расположен между м. Фаддея ($62^{\circ}39'51$ с.ш., $179^{\circ}36'52$ в.д.) и $176^{\circ}00'$ в.д.;

2) участок между $176^{\circ}00'$ в.д. и м. Олюторский (Корякский промысловый подрайон).

Траления выполнялись в светлое время суток стандартным донным тралом ДТ/ТВ 27,1/24,4 м с ячеей 30 мм в кутцовой части. Трал 27,1/24,4 м представляет собой сетной мешок, который изготавливается из двух пластин – верхней и нижней. Периметр сечения трала по гужу нижней подборы в условной посадке 0,5 составляет 24,4 м, длина верхней и нижней подбор без голых концов составляет 27,1 и 26 м соответственно.

Вертикальное раскрытие трала обеспечивается оснасткой верхней подборы положительной плавучестью и оснащением нижней подборы загрузкой.

Верхняя подбора трала оснащается глубоководными кухтылями диаметром 200 мм, обеспечивая подъемную силу 100 кг.

Нижняя подбора трала по всей длине оснащается металлической цепью калибром 19 мм общей массой 215 кг. В качестве грузов-углубителей используются отрезки металлических цепей длиной 3,0 м калибром 26 мм общей массой 88,2 кг. Цепи подвязываются к подборе и голым концам капроновыми привязками через 1 м с помощью металлических колец диаметром 150 мм, с диаметром прутка 10 мм.

Горизонтальное раскрытие трала обеспечивалось сферическими траловыми досками. Скорость траления в зависимости от глубины траления варьировала от 2,6 до 3 узлов. С целью предотвращения зацепов перед каждым тралением производилось прописывание рельефа дна. Если траления в обозначенных точках из-за трудных грунтов или сложного рельефа дна были невозможны, для повторных тралений выбирались другие ровные участки дна с нормальными грунтами, максимально приближенные к указанным на схеме, но не далее 3 миль. Продолжительность тралений – до 30 минут. Траловый комплекс был оборудован системой контроля, которая позволяла в ходе траления контролировать параметры траловой системы.

Время траления определялось продолжительностью нахождения трала на грунте от момента касания грунта до момента отрыва. Коэффициент уловистости трала для крабов-стригунов принимали равным 0,6.

У краба-стригуна бэрди выделяли следующие размерные группы: промысловые самцы – ширина карапакса 120 мм и более (в соответствии с Правилами рыболовства), непромысловые самцы – ширина карапакса менее 120 мм. Непромысловые самцы подразделялись на следующие группы по

ширине карапакса: пререкруты I порядка – 105-119 мм, пререкруты II порядка – 90-104 мм, молодые самцы – менее 90 мм.

Анализ промысла выполнен 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].

Сбор и обработка первичных материалов выполнялись по стандартным гидробиологическим методикам. Для анализа и обработки данных использовалась программа «Microsoft Excel v. 7.0».

Учитывая вышеизложенное, структура и качество доступного информационного обеспечения для данной единицы запаса соответствуют II уровню в соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104. При этом, доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей эксплуатируемого запаса.

Обоснование выбора методов оценки запаса

За период промысла район обитания краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне был охвачен неравномерно (рис. 2).

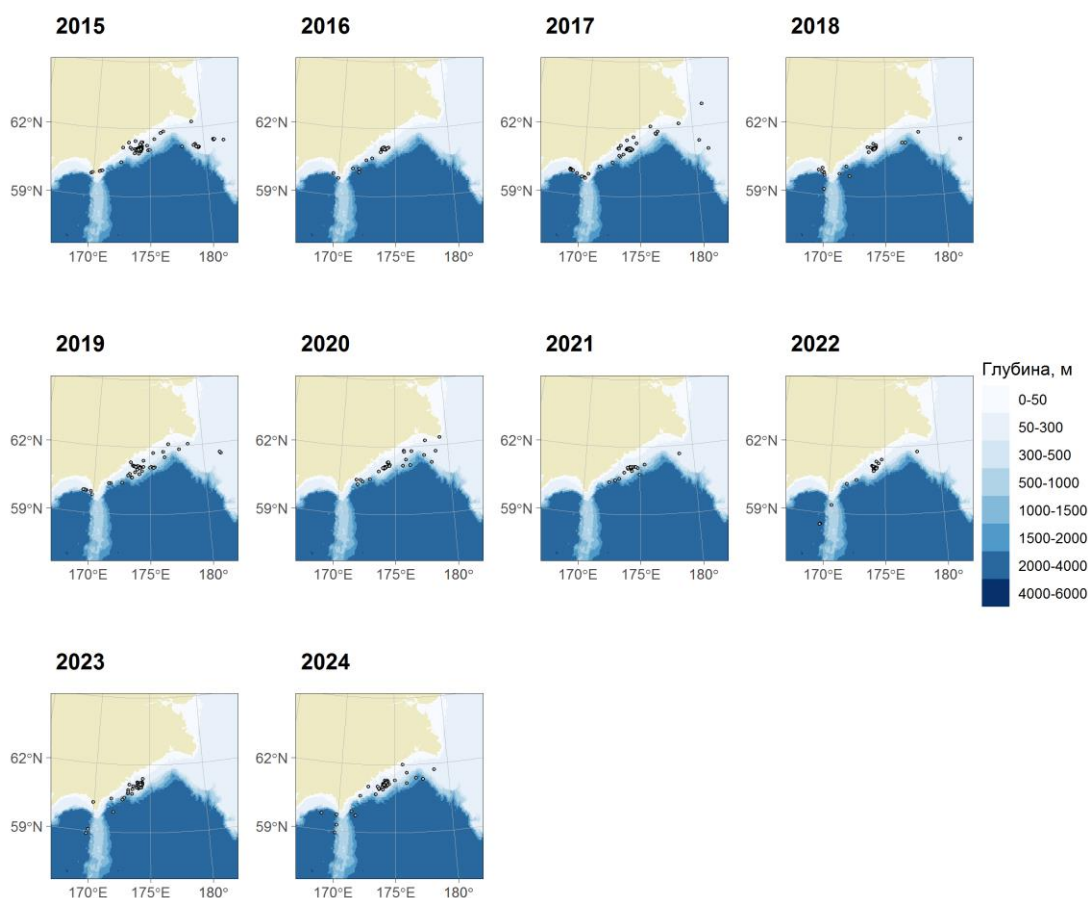


Рис. 2. Распределение промыслового усилия на промысле краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне в 2015-2024 гг.

На рисунке 3 приведена динамика сопутствующих природных и производственных факторов. D — глубина, м, L — длина судна, м, P — мощность двигательной установки, Квт, p_y — доля года, E — промысловое усилие для судна, сутки. Как видно, эти факторы также изменялись в широком диапазоне.

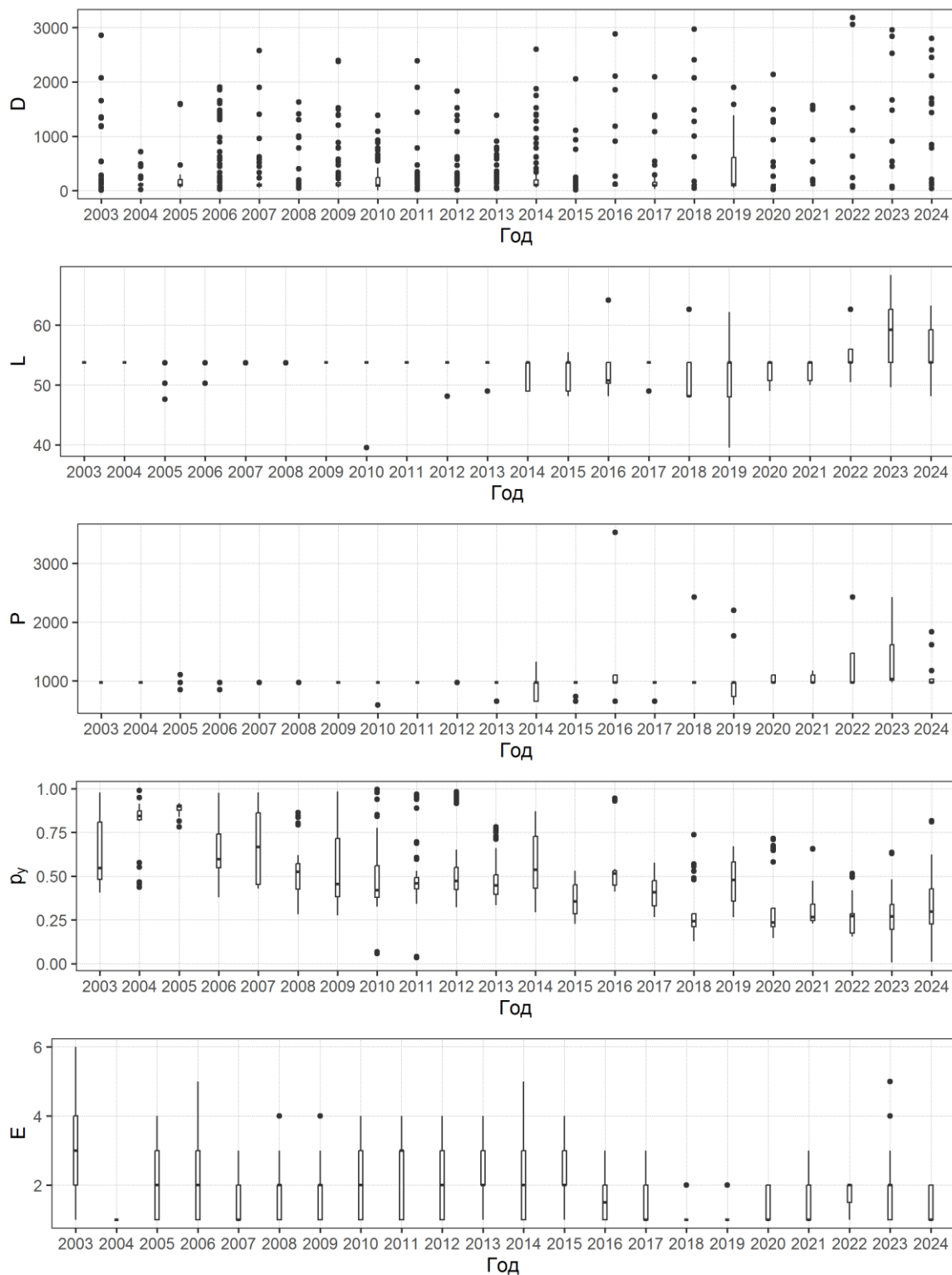


Рис. 3. Динамика значений природных и производственных факторов на промысле краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне в 2003-2024 гг.

Такой разброс факторов вносит дополнительную вариабельность в индекс обилия, поэтому необходимо применять процедуру стандартизации промыслового усилия [Баканев, 2019; Буяновский, 2019; Кулик, Варкентин, Ильин, 2020; Черниенко, 2021; Приказ Росрыболовства от 06.02.2015№ 104].

CPUE, catch per unit effort, рассматривали как один из индексов запаса. Рассмотрели влияние на этот показатель различных факторов (табл. 1). В ряде случаев, при использовании переменных, связанных со временем, можно достичь лучших результатов используя циклическое преобразование дат [Müller, Guido, 2016]. Циклическое преобразование дат выполняли по формулам

$$d_{sin} = \sin \frac{2\pi d}{N_y} \quad (1)$$

$$d_{cos} = \cos \frac{2\pi d}{N_y} \quad (2)$$

где d_{sin} , d_{cos} – циклические компоненты, d – порядковый номер дня в году, N_y – число дней в году Y (365 или 366). К таблице присоединяли данные о суточном промысловом усилии, т. е. о количестве судов, находившихся на промысле, что отражает нагрузку на запас.

Таблица 1

Факторы, учтенные при стандартизации индекса обилия краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне

Переменная	Обозначение	Единицы измерения
Год	Y	Категориальная переменная
Широта	φ	Градусы с десятичными долями
Долгота	λ	Градусы с десятичными долями
Циклическая компонента 1	d_{sin}	Радиианы
Циклическая компонента 2	d_{cos}	Радиианы
Глубина	D	Метры
Длина судна	L	Метры
Мощность двигателя	P	КВт
Суточное промысловое усилие	E	Судосутки

Для моделирования влияния на CPUE перечисленных выше факторов и стандартизации использовали обобщенные аддитивные модели (GAM) [Черниенко, 2021]. Связь дисперсии с математическим ожиданием задавалась составным распределением Пуассона-Гамма (Твиди) степенной функцией с параметром p [Jorgensen, 1997].

GAM отличаются от обычных GLM тем, что линейный предиктор может включать гладкие функции f [Hastie, Tibshirani, 2014; Wood, 2011; Wood, 2017]:

$$\mu_i = \beta X_i + \sum L_{ij} f_j \quad (3)$$

где μ_i – зависимая переменная, β – коэффициенты, L_{ij} – линейные функционалы, связанные с ковариатами.

Рассматривали следующие модели-кандидаты:

$$CPUE = f^Y \quad 4)$$

$$CPUE = f^Y + s(D) \quad 5)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) \quad 6)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_Y) \quad 7)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_{sin}) + s(d_{cos}) \quad 8)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_Y) + s(L) + s(P) + s(E) \quad 9)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_{sin}) + s(d_{cos}) + s(L) + s(P) + s(E) \quad 10)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_{sin}) + s(d_{cos}) + s(P) + s(E) \quad 11)$$

$$CPUE = f^Y + te(\varphi, \lambda) + s(D) + s(d_{sin}) + s(d_{cos}) + s(L) + s(E) \quad 12)$$

где $\mu(LPUE)$ – математическое ожидание интенсивности промысла, s – тонкоплечный регрессионный сплайн (TPC) [Wood, 2003]. Оценка параметров модели произведена методом максимального правдоподобия, оптимизация числа псевдоузлов ТРС выполнена методом обобщенной кросс-валидации [Wood, 2004; Wood, 2011]. Для стандартизации интенсивности промысла выбирали модель с наименьшим значением информационного критерия Шварца (BIC) [Burnham, Anderson, 2002]. Наилучшую производительность показала модель (11) (табл. 2).

Таблица 2

Информационные критерии и объясненная дисперсия для моделей-кандидатов

		AIC	BIC	Var _{expl}
<i>a</i>	(4)	9565	9707	26,1%
<i>б</i>	(5)	9551	9705	26,6%
<i>в</i>	(6)	9178	9432	35,6%
<i>г</i>	(7)	9060	9336	38,1%
<i>д</i>	(8)	9056	9312	38,1%
<i>е</i>	(9)	8956	9274	40,6%
<i>ж</i>	(10)	8958	9257	40,3%
<i>з</i>	(11)	8918	9241	41,3%
<i>и</i>	(12)	8974	9276	40,0%

Для стандартизации интенсивности промысла вычисляли ее значения для каждого года, фиксируя значения факторов на медианах. Значения факторов, использованные для стандартизации приведены в таблице 3. Номинальные и стандартизованные значения индексов, приведены на рисунке 4.

Таблица 3

Значения факторов, использованные для стандартизации индексов

Фактор	Значение
φ	174,04
λ	61,11
D	96,22
d_{sin}	0,02
d_{cos}	1,00
P	971
E	2

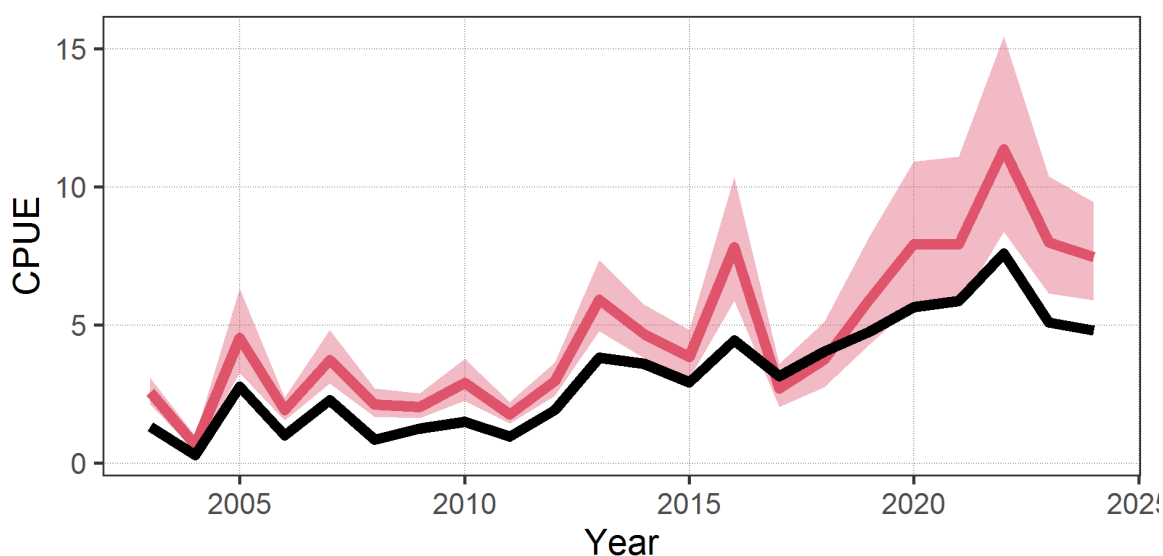


Рис. 4. Номинальные (черная сплошная линия) и стандартизованные значения индексов с доверительными интервалами (красная область).

Информации об оценках запасов по результатам учетных съемок, а также стандартизованных значений CPUE достаточно для использования конечно-разностной модели с запаздыванием, которая является компромиссом между когортными и продукционными моделями [Deriso, 1980; Schnute, 1987].

Уравнение модели имеет вид:

$$B_t = e^{-M}(1 + \rho)(B_{t-1} - Y_{t-1}) - \rho e^{-2M} \left(1 - \frac{Y_{t-1}}{B_{t-1}}\right) (B_{t-2} - Y_{t-2}) - e^{-M} \left(1 - \frac{Y_{t-1}}{B_{t-1}}\right) \rho w_{a_R-1} R_{t-1} + w_{a_R} R_t \quad (13)$$

здесь t – год промысла, a_R – возраст пополнения, w_{a_R} , w_{a_R-1} – соответственно, средний вес рекрута и предрекрута, кг, B_t – общая биомасса промыслового запаса в год t , кг, Y_t – вылов в единицах биомассы в год t , кг, R_t – численность особей, впервые вступивших в промысел в год t , экз., M – мгновенный коэффициент естественной смертности, ρ – коэффициент Броуди в уравнении Форда-Уолфорда.

Принималось, что зависимость запас–пополнение описывается уравнением Рикера, и что промысловый запас пропорционален нерестовому. Таким образом:

$$R_t = \gamma(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})e^{-\delta(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})} \quad (14)$$

где γ , δ — коэффициенты в уравнении «запас–пополнение».

Из уравнения модели следует уравнение для оценки биомассы необлавливаемого запаса или девственной биомассы B_V :

$$B_V = \frac{-1}{\delta} \ln \frac{(1 + \rho)e^{-M} - \rho e^{-2M}}{\gamma(w_{a_R-1}\rho e^{-M} - w_{a_R})} \quad (15)$$

Чтобы избавиться от коррелированности девственной биомассы и параметров модели, что искажает оценку параметров при выполнении сэмплирования, использовались приведенные величины [Meyer, Millar, 1998]:

$$P_t = \frac{B_t}{B_V}, r_t = \frac{R_t}{B_V}, k = \frac{1}{B_V}.$$

Для того, чтобы разделить шумы процессов динамики биомассы и пополнения и ошибки наблюдения, модель была представлена в форме пространства состояний.

Таким образом, используемая модель включает два уравнения процесса:

$$P_t = e^{-M}(1 + \rho)(P_{t-1} - kY_{t-1}) - \rho e^{-2M} \left(1 - \frac{kY_{t-1}}{P_{t-1}}\right) (P_{t-2} - kY_{t-2}) - e^{-M} \left(1 - \frac{kY_{t-1}}{P_{t-1}}\right) \rho w_{a_R-1} R_{t-1} + w_{a_R} R_t + \epsilon_1 \quad (16)$$

$$\ln r_t = \ln \gamma + \ln(P_{t-4} - kY_{t-4}) - \frac{\delta}{k} (P_{t-4} - kY_{t-4}) + \epsilon_2 \quad (17)$$

И одно уравнение наблюдения:

$$U_{i,t} = Q_i P_t + \theta_i \quad (18)$$

здесь $Q_i = q_i B_V$, q_i – коэффициент улавливаемости, $U_{i,t}$ – биомасса на единицу промыслового усилия в год t (кг) для i -го индекса наблюдения, ϵ_1 , и θ_i , соответственно – шумы процессов и ошибка наблюдения. В данном

случае, индексами служили оценки промысловой биомассы и численности рекрутов по материалам учетных траловых и ловушечных съёмок, полученные методом площадей, уловы на ловушку промысловых самцов и рекрутов, соответственно, в килограммах и экземплярах, по данным ловушечных съёмок и наблюдений на промысле

Для представления пространства состояний использовался сигма-точечный фильтр Калмана [Särkkä, 2013; Wan, Van Der Merwe, 2000], параметры модели оптимизировались при помощи генетического алгоритма [Михеев, 2016]. Расчеты выполнялись в среде R [R Core Team, 2022].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промысловые показатели работы судов (табл. 4), осуществлявших промысел краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне с 2014 по 2024 гг., показывают, что в 2024 г. в Западно-Беринговоморской зоне на промысле краба-стригуна бэрди работало 12 судов, как и в прошлом году промысел был начат 4 января и завершился 25 октября (табл. 5).

Таблица 4

**Промысловые показатели работы судов в Западно-Беринговоморской зоне
в 2014-2024 гг. на промысле краба-стригуна бэрди**

Год	Количество судов	Вылов, т	Средний улов на судосутки, т	Количество судосуток
2014	8	1009,386	3,618	279
2015	7	529,581	2,894	183
2016	8	230,515	4,433	52
2017	6	214,581	3,065	70
2018	8	200,959	4,019	50
2019	6	236,986	6,07	39
2020	6	242,553	6,93	35
2021	6	234,117	6,88	40
2022	6	326,234	7,58	43
2023	12	470,108	5,00	94
2024	12	488,737	6,03	81

Таблица 5

**Промысловые показатели работы судов в Западно-Беринговоморской зоне
в 2024 г. на промысле краба-стригуна бэрди**

Месяц	Количество судов	Вылов, т	Средний улов на судосутки, т	Количество судосуток
Январь	1	3,752	0,62	6
Февраль	1	76,416	6,36	12
Март	1	36,251	4,02	9
Апрель	3	157,511	8,29	19
Май	3	95,290	5,29	18
Июнь	4	95,399	4,54	21
Октябрь	1	24,118	8,03	1

По результатам учетных донных траловых съёмов, выполненных в

Западно-Беринговоморской зоне в июле-августе 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» и НИС «ТИНРО», численность промыслового запаса краба-стригуна бэрди составила 8,2 млн экз. (6,2 тыс. т) (рис. 5).



Рис. 5. Динамика промыслового запаса краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне в 1998-2024 гг.

Минимальная численность промыслового запаса отмечена в 2016 г., составив 2,1 млн экз. Причины, по которым в 2016 г. произошло снижение промыслового запаса связаны как с естественными колебания численности промысловых самцов, так и с чрезмерным промысловым прессом в 2014-2015 гг.

Степень промыслового освоения ОДУ краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне в последние годы показана на рисунке 6. За период промысла с 2014 по 2024 гг., минимальное освоение ОДУ составило 88,8%, а максимальное 98,4%.

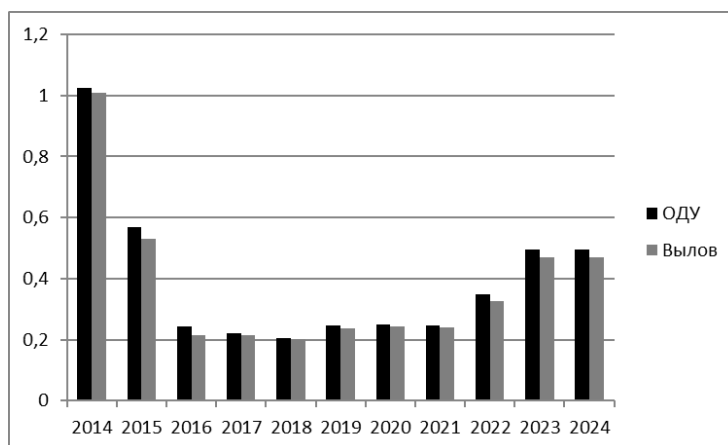


Рис. 6. ОДУ и вылов промысловых самцов краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне в 2014-2024 гг. По оси абсцисс – годы, по оси ординат – тыс. т

Таким образом, динамика численности промысловых самцов краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне показывает наличие резких всплесков численности, которые отмечаются раз в 5-7 лет, а затем сменяются периодами с крайне низкой численностью. Такая динамика запаса

является характерной особенностью биологии краба-стригуна бэрди во всех районах его добычи (вылова) в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

По данным траловой съемки в 2021 г. наиболее плотные скопления промысловых самцов краба-стригуна бэрди (до 15,385 тыс. экз./милю²) в Западно-Беринговоморской зоне были отмечены в Корякском подрайоне на акватории с координатами между 173° 40,0' в.д. и 174° 30,0' в.д. и между 60° 50,4' с.ш. и 61° 31,0' с.ш. (рис. 7). На этом участке шельфа было отмечено два скопления промысловых самцов краба-стригуна бэрди высокой плотности: на глубинах 80-85 м и на глубинах 90-95 м. На остальной части исследованной акватории Западно-Беринговоморской зоны плотность распределения промысловых самцов краба-стригуна бэрди не превышала 2 тыс. экз./милю², при этом в Наваринском и Корякском подрайонах плотность распределения на большей части акватории не превышала 100 экз./милю².

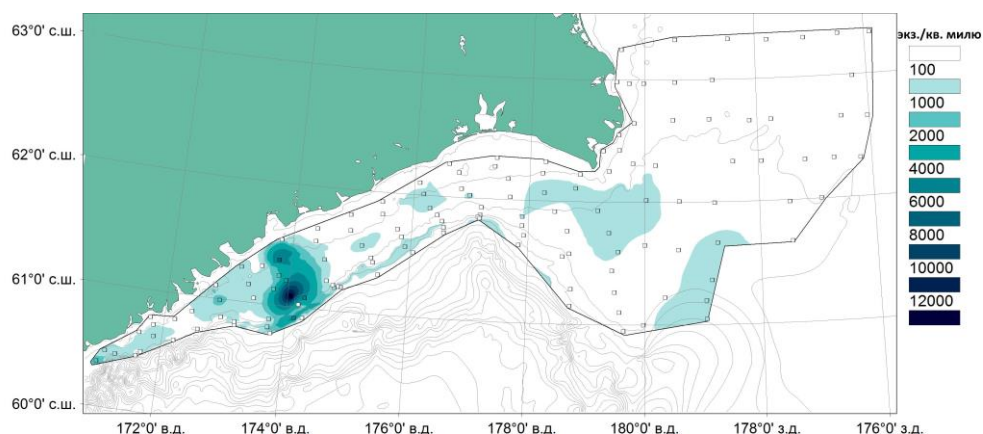


Рис. 7. Пространственное распределение промысловых самцов (ШК ≥ 120 мм) краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне по результатам учетной донной траловой съемки на СРТМ «Валерий Маслаков» в сентябре 2021 г.

В траловых уловах отмечены самцы краба-стригуна бэрди с ШК от 10 до 165 мм, средняя ШК самцов составила 91,5 мм (рис. 8).

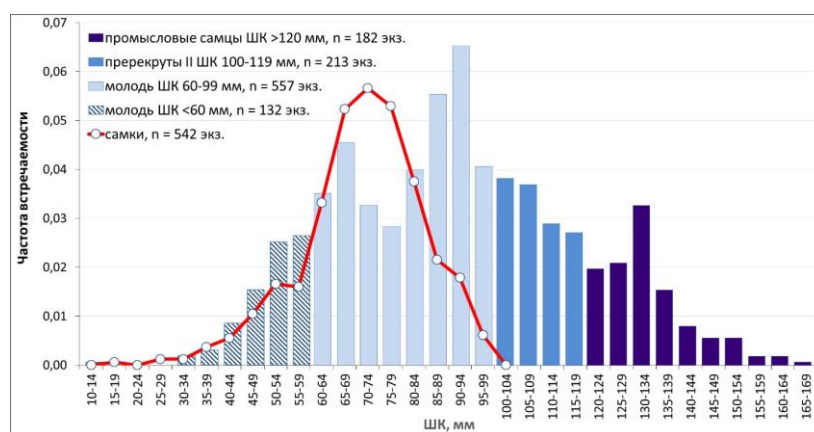


Рис. 8. Размерный состав краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне по результатам учетной донной траловой съемки на СРТМ «Валерий Маслаков» в сентябре 2021 г.

Доля промысловых самцов с ШК ≥ 120 мм в уловах составила 9,2% от общего количества самцов краба-стригуна бэрди. Среди промысловых самцов с ШК >120 мм преобладали особи с ШК 130-134 мм, средняя ШК промысловых самцов составила 133,4 мм. Наиболее крупные промысловые самцы отмечены в Корякском подрайоне, где средняя ШК промысловых особей составила 133,9 мм.

В 2024 г. самцы промыслового размера (от 120 мм по ШК) встречены только на корякском шельфе на 16 станциях с плотностью от 58 до 9910 экз./км² (среднее – 1293,1 экз./км²) на площади 17,6 тыс. км². Максимальная плотность отмечена на траверсе б. Дежнёва в координатах 61°03' с.ш., 174°14' в.д. на глубине 120 м (рис. 9). Самцы непромыслового размера (менее 120 мм по ШК) встречались только на корякском шельфе на 28 станциях с обилием 36-3480 экз./км² (среднее – 403,7 экз./км²), площадь их распределения составила 25,6 тыс. км². За период проведения донной траловой съемки в Западно-Беринговоморской зоне на судне «Дмитрий Песков» в июле-августе 2024 г. в траловых уловах отмечены самцы краба-стригуна бэрди с ШК от 24 до 160 мм, средняя ШК самцов составила 120,1 мм. Доля промысловых самцов с ШК ≥ 120 мм в уловах составила 66,5% от общего количества самцов краба-стригуна бэрди. Средняя ШК промысловых самцов составила 131,5 мм.

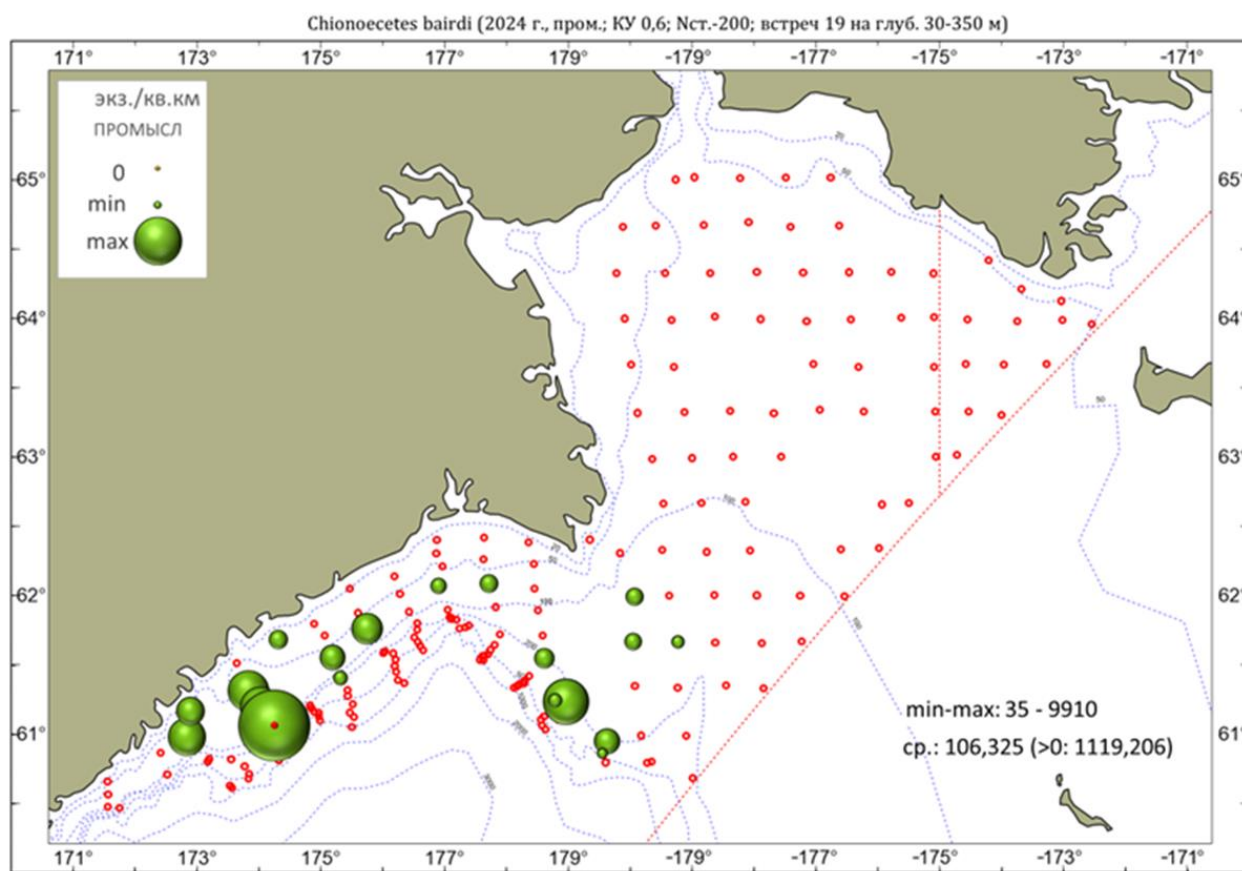


Рис. 9. Распределение промысловых самцов краба-стригуна бэрди в Анадырском заливе и на корякском шельфе в июле-августе 2024 г., экз./км²

Размерный состав самцов был представлен особями с шириной карапакса 24-160 мм, средний размер составил $120,1 \pm 1,0$ мм (у промысловых – $131,5 \pm 0,5$ мм, у непромысловых – $97,5 \pm 1,8$ мм) (рис. 10). Доля самцов промыслового размера составила – 66,5%. Индивидуальная масса самцов варьировала в пределах 4-1248 г, в среднем составила 574 г (у промысловых – 700 г, у непромысловых – 324 г). Ширина карапакса самок изменялась в пределах от 29 до 98 мм, в среднем – $79,1 \pm 1,0$ мм, индивидуальная масса варьировала от 8 до 265 г, в среднем составила 150 г (рис. 11).

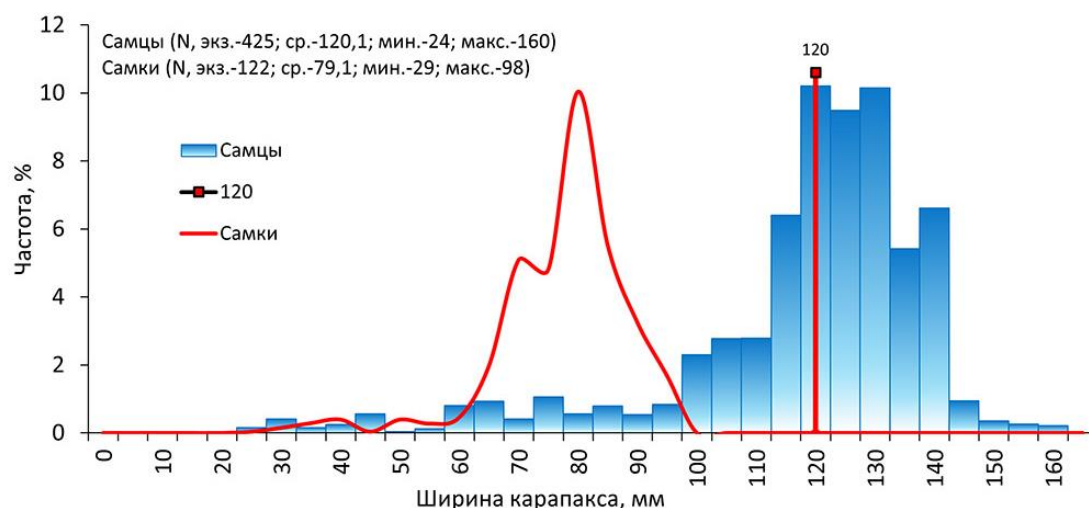


Рис. 10. Размерный состав краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне по результатам учетной донной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков» в июле-августе 2024 г.

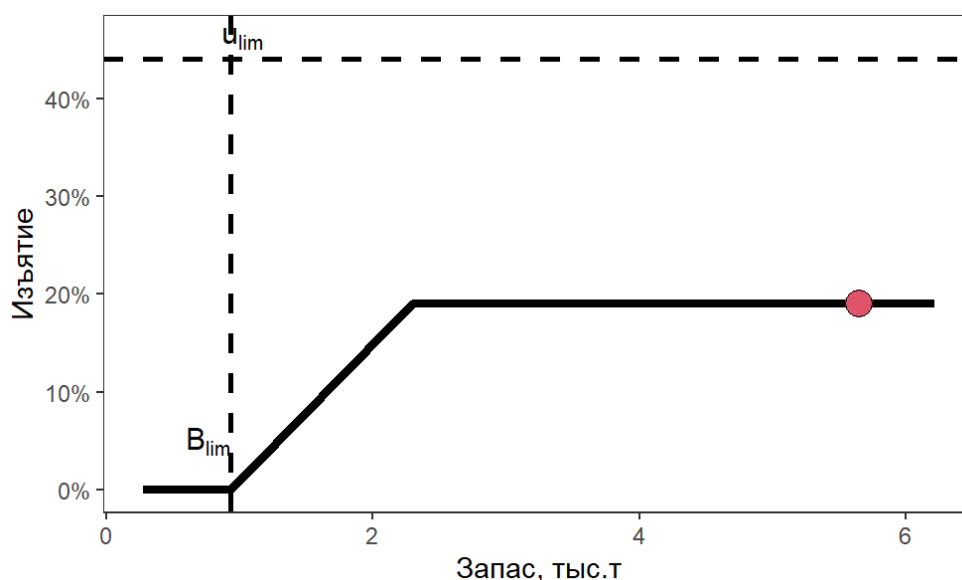


Рис. 11. Графическое представление ПРП для краба-стригуна бэрди зоны Западно-Беринговоморской

Средние размеры промысловых самцов в последние годы практически не менялись: в 2014 г. – 130 мм, в 2015 г. – 128,5 мм, в 2016 г. – 129 мм, в 2017 г – 130,2 мм, 2019 – 132,7 мм, 2020 – 131,8 мм, 2021 – 133,9 мм, 2024 –

131,5 мм.

Определение биологических ориентиров

В качестве целевого ориентира по биомассе (B_{tr}) использована величина – 2,3 тыс. т. В качестве граничного ориентира (B_{lim}) – 0,93 тыс. т. Целевой ориентир по промысловому изъятию установлен равным 19% (табл. 7).

Таблица 7

Биологические ориентиры для краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне (биомасса в тыс. т)

B_{lim}	B_{tr}	u_0	u_{tr}	u_{lim}
0,93	2,3	0%	19%	44%

Обоснование правила регулирования промысла

Правила регулирования промысла (ПРП) для каждого из выделенных полигонов конструировали на основе модификации предосторожного подхода, принятого во «ВНИРО» [Бабаян, 2000].

Выделялось три режима эксплуатации в зависимости от оценки биомассы запаса B_t :

– режим НИР, $B_t \leq B_{lim}$: величина рекомендуемого изъятия u_{rec} постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР, $u_{rec} = const = u_{lim}$;

– режим восстановления запаса, когда величина рекомендуемого изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса, $B_{lim} < B_t < B_{tr}$:
$$u_{rec} = \frac{(u_{tr} - u_0)(B_t - B_{lim})}{B_{tr} - B_{lim}} + u_0;$$

– режим постоянной интенсивности промысла, $B_t > B_{tr}$: $F_{rec} = const = F_{tr}$.

Графическое представление ПРП приведено на рисунке 11.

В соответствии с «Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» статус запаса краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне оценивается как «восстанавливающийся», предельный уровень ежегодных изменений ОДУ для данного запаса составляет $\pm 42\%$.

Прогноз состояния промыслового запаса

Оценка запаса краба-стригуна бэрди Западно-Беринговоморской зоны в 2024 г., полученная по результатам моделирования, находится в 95% доверительном интервале 4,65-7,56 тыс. т (6,63-10,79 млн экз.), в среднем – 6,100 тыс. т (8,710 млн экз.), что превосходит оценки запаса в 2023 г. Оценка ожидаемой в 2025 г. величины запаса находится в доверительном интервале 3,54-8,65 тыс. т (5,05-12,34 млн экз.), в среднем – 5,650 тыс. т (8,060 млн экз.) (рис. 12).

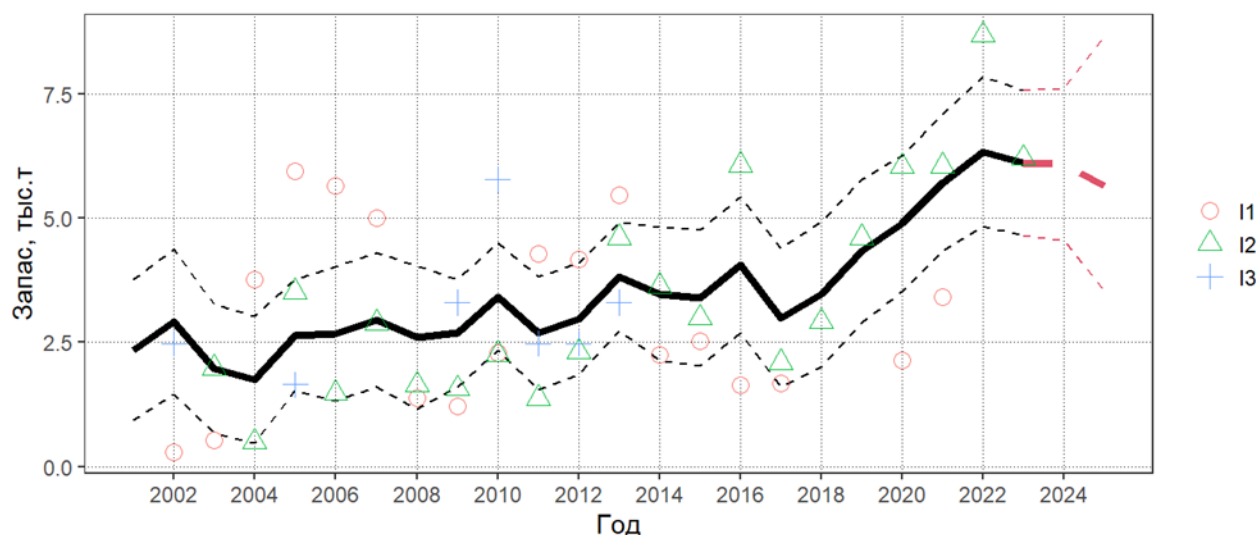


Рис. 12. Динамика промысловой биомассы. I1 – оценки запаса, I2 – интенсивность промысла

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 02.10.2024 № 567, ОДУ краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне на 2025 г. установлен в объеме 0,685 тыс. т.

В результате выполнения учетной донной траловой съемки на судах «Дмитрий Песков» и «ТИНРО» в июне-августе 2024 г. были получены новые данные о состоянии запаса краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне. Оценка промыслового запаса, полученная в 2024 г. почти в 2 раза, превышает оценки 2021 г.

Оценка ожидаемой в 2025 г. величины запаса краба-стригуна бэрди, полученная по результатам моделирования, составляет 5,650 тыс. т (8,060 млн экз.), что превышает целевой ориентир управления (2,3 тыс. т) и позволяет применять целевой коэффициент изъятия (19%).

При таком подходе, на 2025 г. к вылову может быть рекомендовано 1,074 тыс. т краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне, что превышает утвержденную величину ОДУ на 56,8% (0,389 тыс. т).

Вместе с тем, предельный уровень ежегодного изменения ОДУ, установленный Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов, для данной единицы запаса составляет $\pm 42\%$, что позволяет рекомендовать увеличение ОДУ на 2025 г. на 0,288 тыс. т с 0,685 тыс. т до 0,973 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне на 2025 г. в сторону увеличения на 0,288 тыс. т с 0,685 тыс. т до 0,973 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Ожидаемая в 2025 г. величина запаса демонстрирует довольно большую неопределенность, при этом риск достижения биомассой граничного ориентира отсутствует (рис. 13).

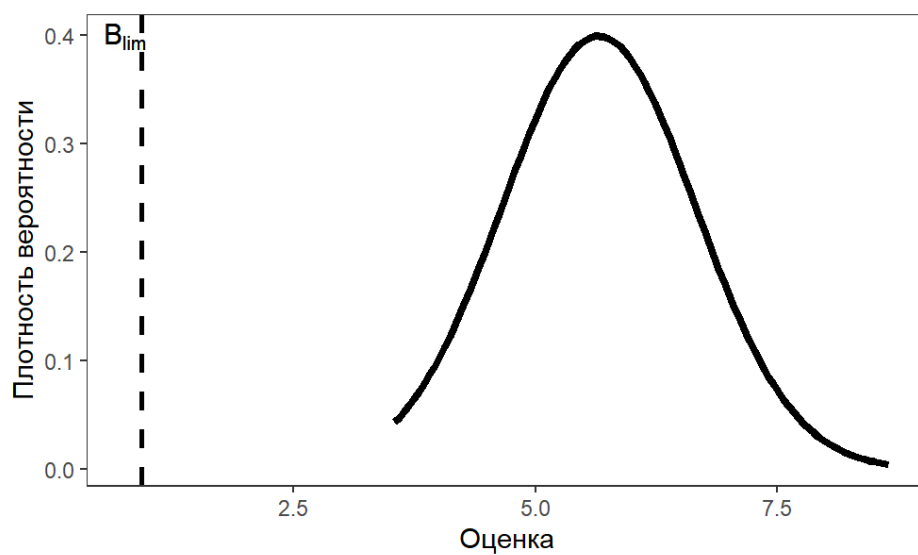


Рис. 13. Распределение вероятности для ожидаемой биомассы запаса краба-стригуна бэрди в Западно-Беринговоморской зоне на 2025 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. 2017. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России. // Вопросы Рыболовства. Т. 18. №1: С. 21–41.

Аюшин Б.Н. Весенняя сельдь северо-западной части Охотского моря / Б.Н. Аюшин // Известия ТИНРО. – Владивосток, 1947. – Т. 25. – С. 3–30.

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

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

Баканев С. В. Стандартизация производительности промысла камчатского краба в российских водах Баренцева моря в 2010–2018 гг. с помощью обобщенной линейной модели // Вопросы рыболовства. 2019. Т. 20. № 3. С. 363–373.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. – №1. – С.96–99.

Бонк А.А., Агафонов С.В. 2013. Гибель производителей корфокарагинской сельди в период нереста. Сборник Природные ресурсы их современное состояние, охрана, промысловые и технологические исследования: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции 18–22 марта 2013 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 122–131.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток, ТИНРО-Центр – 217 с.

Буяновский А. И. Использование промысловой статистики для оценки динамики запаса краба-стригуна Бэрда // Вопросы рыболовства. 2019. Т. 20. № 4. С. 497–512.

Буяновский А.И. 2012. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. М: ВНИРО. 222 с.

Буяновский А.И. 2022. К фильтрации значений промысловых уловов крабов при расчете их стандартизированного годового прироста // Сб. материалов II Всероссийской научной конф. «Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление». Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО». С. 46–53.

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

Буяновский А.И., Горянина С.В. 2018. Возрастной состав самцов краба-стригуна опилио из ловушечных уловов в Баренцевом море. Вопросы рыболовства. 2018. т. 19. № 3. с. 327-342.

Васильев А.Г. 2004. Программа для ЭВМ «Е1 Мара» как средство расчета запасов гидробионтов и построения карт распределения // Труды МагаданНИРО. Вып.2. С.430–434.

Власова Р.С., Иванкова З.Г., Фадеев Н.С. 1971. Состояние запасов и принципы регулирования промысла камбал в водах Сахалина // Изв. ТИНРО. – Т. 76. – С. 3–44.

Дуленин А.А., Кудревский О.А. 2019. Использование легкого необитаемого подводного аппарата для морских прибрежных гидробиологических исследований // Вестник КамчатГТУ. № 48. С. 6-17.

Дуленин А.А., Свиридов В.В. 2022. Отработка инструментальных методов учета площади нерестилищ сельди *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, 1847 (Clupeidae, Clupeiformes) в Охотском море // Вопр. рыболовства. Т. 202, вып. 2. С. 450–465.

Золотов А.О. 2024. Использование метода обратных расчислений роста для определения возрастного состава уловов некоторых видов морских промысловых рыб // Изв. ТИНРО. – Т. 204, вып. 4 (в печати).

Золотов А.О., Смирнов А.В., Баранчук-Червоный Л.Н., Дубинина А.Ю. 2014. Многолетняя динамика и современное состояние запасов желтоперой камбалы *Limanda aspera* в водах о. Сахалин // Изв. ТИНРО. Т.178. С.25-57.

Золотов А.О., Терентьев Д.А., Малых К.М. 2012. Использование снюрреводных съемок для исследования биоресурсов прибрежных вод Камчатки: методические подходы и предварительные результаты // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. – Вып.27. – С. 99-106.

Ильин О.И. 2022. О применении фильтров Калмана в когортных моделях. Известия ТИНРО.;202(3):601-622. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2022-202-601-622>

Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Сборник научных трудов ВНИРО. Т. 151.

Карасёв А.Н. 2014. Краб-стригун опилио северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 194 с.

Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря // М.: Лег. и пищ. пром-ть. С. 121.

Ким Л.Н., Измятинский Д.В., 2018. Опыт оценки ресурсов рыб в зал. Петра Великого по данным снюрреводных уловов // Изв. ТИНРО. – Т.194. – С.205-214.

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.

Кондрашенков Е.Л. 2008. К вопросу определения уловистости снюрревода // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. – Вып.10. – С.155-160.

Кулик В. В., Варкентин А. И., Ильин О. И. Стандартизация уловов на усилие минтая в северной части Охотского моря с учетом некоторых факторов среды // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200. № 4. С. 819–836.

Мельник А.М., Абаев А.Д., Васильев А.Г., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А. 2014. Крабы и крабоиды северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 198 с.

Метелёв Е.А., Григоров В.Г., Русяев С.М., Смирнов А.А. 2021. История изучения и особенности промысла краба-стригуна опилио - *Chionoecetes opilio* в северной части Охотского моря. Рыбное хозяйство. № 5. с. 56-60.

Метелев Е.А., Смирнов А.А., Панфилов А.М., Абаев А.Д., Фомин Е.А., Григоров В.Г. 2023. Использование малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при учете нерестилищ тихоокеанской сельди в Ольской лагуне Тауйской губы Охотского моря // Рыбное хозяйство. №1. С. 51-54.

Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов / В.К. Бабаян [и др.]. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.

Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасёв А.Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 284 с.

Михеев А. А. Применение фильтра Калмана в когортной модели для корректировки оценок запаса при наличии неучтенного вылова // Вопросы рыболовства. 2016. Т. 17. № 1. С. 20–41.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. 330 с.

Отчёт «Биологические ресурсы шельфа северной части Охотского моря» (по результатам донной траловой съемки, проведенной на НИС «Дмитрий Песков» в августе–сентябре 2021 г.) // Магадан, 2021. – 46 с.

Панфилов А.М. 2017. К вопросу об освоении общего допустимого улова охотской сельди *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, 1847 в 2001-2016 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 45. С. 54-67.

Панфилов А.М., Смирнов А.А. 2022. Промысел, динамика запаса и основные биологические показатели нерестовой охотской сельди на современном этапе // Вопросы рыболовства. Т.23. №2. С. 108-121.

Перцева-Остроумова Т.А. 1961. Размножение и развитие дальневосточных камбал. М.: Изд-во АН СССР. – 485 с.

Приказ ФГБНУ «ВНИРО» от 10.04.2023 № 81 «Об утверждении Правил регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов».

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 № 104 «О представлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, в том

числе во внутренних морских водах Российской Федерации, а также в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях, а также внесении в них изменений».

Родин В.Е. и др. 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. Владивосток, ТИНРО. – 59 с.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. 1988. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. М.: ВНИРО. С. 45-70.

Тарасюк С.Н. 1997. Биология и динамика численности основных промысловых камбал Сахалина // Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Владивосток. – 24 с.

Терентьев Д.А. 2011. Результаты снюрреводных съемок в авачинском заливе в 2009 г. // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. – Вып.20. – С.63-71.

Терентьев Д.А., Малых К.М. 2012. Сравнительная характеристика стандартных съемок в Авачинском заливе при использовании снюрреводных дальневосточного и датского типов в 2009-2010 гг. // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. – Вып.27. – С.107-118.

Терентьев Д.А., Чернова Н.В. 2010. Сравнительные результаты траловых и снюрреводных съёмок у западного побережья Камчатки в 2007-2009 гг. // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. – Вып.18. – С.82-94.

Тюрин П.В. 1972. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. Гос. НИИ озern. и речн. рыбн. хоз-ва. – Т.71. С.403-427.

Тюрнин Б.В. 1973. Нерестовый ареал охотской сельди // Изв. ТИНРО. Т. 86. С. 12-21.

Тюрнин Б.В. 1980. О причинах снижения запасов охотской сельди и мерах по их восстановлению / Б.В. Тюрнин // Биол. моря. – № 2. – С. 69–74.

Фадеев Н.С. 1963. Промыслово-биологическая характеристика желтоперой камбалы южного Сахалина // Изв. ТИНРО. – Т.49. – С. 3-64.

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

Фархутдинов Р.К. 2005. Экология воспроизводства, динамика численности и состояние запасов охотской сельди. Дис. канд. биол. наук. Хабаровск, 220 с.

Фархутдинов Р.К. 2007. Динамика ледовитости и сроки нереста охотской сельди // Известия ТИНРО. Т. 150. С. 180-188.

Фархутдинов Р.К., Пастырев В.А., Щетинина Т.М. 1996. Паспортизация естественных нерестилищ сельди в северо-западной части Охотского моря (сводный отчет по материалам 1966-1995 гг.). – Магадан. – Архив ФГБНУ «МагаданНИРО». № 2468. – 112 с.

Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика и неопределенность / Пер. с. англ. Максименко В.П. - Санкт-Петербург: Политехника. – 228 с.

Черниенко И. С. Стандартизация производительности промысла краба-стригуна опилио западной части Берингова моря с использованием аддитивных линейных моделей // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201. № 2. С. 359–370.

<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>.

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 Journal of Marine Science. Vol. 69, №1. Pp. 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>

Burnham K. P., Anderson D. R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. New York, NY: Springer, 2002. Vol 2. ed., [4. printing]. 488 p.

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 Paper 379.

Darby C.D., Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis. Version 3.1 (WINDOWS/DOS): User Guide. – Lowestoft. – 85 p.

Deriso R. B. Harvesting Strategies and Parameter Estimation for an Age-Structured Model // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1980. Vol. 37. P. 268–282.

Deriso R.B., P.R.Neal, and T.J. Quinn II. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 815–824.

FAO. Reference points for fisheries management: their potential application to straddling and highly migratory resources. FAO Fish. 1993. Circ. 864. 52 p.

Francis R.I.C.C., R. Shotton. 1997. «Risk» in fisheries management: a review. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54. p. 1699-1715.

Froese R., Demirel N., Coro G., Kleisner K.M., Winker, H. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. Fish and Fisheries, 2017, 18(3), 506-526.

Hastie T., Tibshirani R. Generalized Additive Models // Wiley StatsRef: Statistics Reference Online / под ред. N. Balakrishnan и др. : Wiley, 2014. Vol. 1.

Jorgensen B. The Theory of Dispersion Models. London; New York: Chapman and Hall/CRC, 1997. Вып. 1st edition. 256 p.

Meyer R., Millar R. B. Bayesian Stock Assessment using a State-Space Implementation of the Delay Difference Model // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1998. T. 56. P. 37–52.

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.

Nichol D.G., Acuna E.I. 2001. Annual and batch fecundities of yellowfin sole, *Limanda aspera*, in the eastern Bering Sea. Fish. Bull. – Vol.99 (1). – P.108–122.

Patterson K.R. 1994. Technical reference for the Integrated Catch-at-Age Programmes, Version 1.2 // SOAFD Marine Laboratory. Aberdeen. 13p.

Quinn, T.J., Deriso R.B. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing // 2022.

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/> (14.01.2025).

Sainte-Marie B., Raymond S., Br  thes J.-C. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1995. Vol. 52. P. 903–924.

Särkkä S. Bayesian filtering and smoothing. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2013. 232 p.

Schaefer M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. V. 1 (2). P. 25–56.

Schnute J. T. A General Fishery Model for a Size-Structured Fish Population // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1987. Vol. 44. № 1980. P. 924–940.

Stolyarenko D.A. 1986. Data analysis of trawl shrimp survey with spline approximation of stock density // Internat. Coun. Explor. Sea (I.C.E.S.), Doc. No. 1986/K: 25, 16 pp.

Stolyarenko D.A. 1987. The spline approximation method and survey design using interaction with a microcomputer: Spline Survey Designer System // Internat. Coun. Explor. Sea (I.C.E.S.), Doc. No. 1987/ K: 29, 24 pp.

Thompson W.F., F.H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear // Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm. p. 8–49.

Vasilets P.M. 2015. FMS analyst — computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

Wan E. A., Van Der Merwe R. The unscented Kalman filter for nonlinear estimation // Proceedings of the IEEE 2000 Adaptive Systems for Signal

Processing, Communications, and Control Symposium. Lake Louise: IEEE, 2000. P. 153–158.

Wood S. N. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models: Estimation of Semiparametric Generalized Linear Models // Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology). 2011. Vol. 73. № 1. P. 3–36.

Wood S. N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. : Chapman and Hall/CRC, 2017. Vol. 2. 496 p.

Wood S. N. Stable and Efficient Multiple Smoothing Parameter Estimation for Generalized Additive Models // Journal of the American Statistical Association. 2004. Vol. 99. № 467. P. 673–686.

Wood S. N. Thin plate regression splines // Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology). 2003. Vol. 65. № 1. P. 95–114.