

**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 УТВЕРЖДЁННЫЙ 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 2020 ГОД
(с оценкой воздействия на окружающую среду)**

Разработан: ФГБНУ «ВНИРО»

Заместитель Председателя
Отраслевого совета по
промысловому
прогнозированию,
директор ФГБНУ «ВНИРО»




К.В. Колончин

_____ 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Шпрот (килька) (<i>Sprattus sprattus balticus</i>)	3
22-32 подрайоны ИКЕС Балтийского моря, ИЭЗ и территориальное море Российской Федерации 26 и 32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря	
Минтай (<i>Theragra chalcogramma</i>)	18
Зона Чукотское море	
Минтай (<i>Theragra chalcogramma</i>)	25
67.01 - Зона Чукотская, 61.01 - Зона Западно-Беринговоморская (к востоку от 174° в.д.)	
Минтай (<i>Theragra chalcogramma</i>)	58
61.06 - Зона Японское море, 61.06.1 - подзона Приморье	
Треска (<i>Gadus macrocephalus</i>)	71
67.01 - Зона Чукотская, 61.01 - Зона Западно-Беринговоморская	
Краб камчатский (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)	86
Баренцево море	
Краб-стригун опилио (<i>Chionoectes opilio</i>)	98
Баренцево море	
Краб синий (<i>Paralithodes platypus</i>)	114
61.01 – Зона Западно-Беринговоморская	
Краб-стригун опилио (<i>Chionoectes opilio</i>)	125
61.05 – Зона Охотское море, 61.05.3 – Подзона Восточно-Сахалинская	
Список использованных источников	150

Шпрот (килька) (*Sprattus sprattus balticus*)

22-32 подрайоны ИКЕС Балтийского моря, ИЭЗ и территориальное море Российской Федерации 26 и 32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря

Исполнители: В.М. Амосова, Т.Г. Васильева (Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО») («АтлантНИРО»)

Куратор: С.Ю. Леонтьев (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

1. ICES. 2019. Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). ICES Scientific Reports. 1:37. 79 pp.

<http://doi.org/10.17895/ices.pub.5378>

2. ICES. 2019. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. 1:20. 651 pp.

<http://doi.org/10.17895/ices.pub.5256>

3. Информационная база данных «АтлантНИРО» по промыслу и биологии рыб.

4. Ежегодные отчеты Западно-Балтийского территориального управления Росрыболовства об освоении выделенных российских квот вылова рыбы в 26 подрайоне Балтийского моря по состоянию на декабрь; и 15 ноября 2019 г.

5. Судовые суточные донесения (ССД) из Информационного узла «Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов» для подрайона ИКЕС на 31 декабря; и 15 ноября 2019 г.

6. Материалы научно-исследовательских и промысловых рейсов 1992–2019 гг.

Материалы и информация, использованные для обоснования корректировки общего допустимого улова (ОДУ) шпрота (кильки) (*Sprattus sprattus balticus*) на 2020 г. репрезентативны, представлены в достаточном количестве. Данные обеспечивают проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и расчета ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса.

Объем собранного и обработанного материала с января по ноябрь 2019 г. составил:

массовые промеры - 12302 экз., биологические анализы – 4119 экз., возрастные пробы – 2819 пар отолитов, в том числе:

- промысловые уловы: массовые промеры - 9690 экз., биологические анализы – 2819 экз., возрастные пробы – 1655 пар отолитов;

- научно-исследовательские уловы: массовые промеры - 2612 экз., биологические анализы – 1300 экз., возрастные пробы – 1164 пар отолитов.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка состояния запаса и ОДУ шпрота в Балтийском море осуществляется на Рабочей группе по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море (WGBFAS (ICES Baltic Fisheries Assessment Working Group)) Международного Совета по исследованию моря (ИКЕС, ICES (International Council for the Exploration of the Sea) с использованием обобщенных данных по вылову и размерно-возрастному составу промысловых и научных уловов всех прибалтийских стран [ICES, 2019ab]. Специалисты национальных институтов ежегодно проводят загрузку промысловых биостатистических данных в международную базу ИКЕС InterCatch. При работе с данным программным модулем упрощаются обработка данных, стандартизация процедур и расчетов, устраняются ошибки. Качество загруженных данных проверяется системой автоматически. В период работы группы по международным съемкам в Балтийском море (WGBIFS) в 2019 г. продолжилось формирование базы данных по международным акустическим траловым съемкам за 2018 г. Российские биостатистические материалы и данные тралово-акустической съемки, проведенной в российской части акватории 26 подрайона ИКЕС за 2017-2018 гг., успешно прошли проверку и приняты ИКЕС [Амосова, Васильева, 2017; ICES, 2019ab].

Инструменты экспертной оценки запаса шпрота представляют собой общепризнанные модели расчетов и используются Рабочей группой ИКЕС для описания текущего состояния популяции, ретроспективного анализа и прогнозирования. Российские специалисты принимают участие в ежегодных заседаниях Рабочей группы ИКЕС по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море, обсуждениях и корректировках результатов оценки, а также обеспечивают экспертов необходимой информацией для формирования сводных материалов, используемых затем в моделировании. Поэтому для прогнозирования величины запаса и ОДУ шпрота 22-32 подрайонов российские эксперты используют входные данные оценочных моделей Рабочей группы и руководствуются рекомендациями ИКЕС [ICES Advice, 2019].

На протяжении многих лет оценка запаса шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС выполняется методом виртуально-популяционного анализа [ВПА, версия 3.1., Darby and Flatman, 1994] с настройкой по методу расширенного анализа выживания XSA [Shepherd, 1992] при помощи модуля ВПА и программной среды R. Настройка ВПА выполнялась по индексам численности различных возрастных групп, начиная с первой, полученных в ходе выполнения международных гидроакустических съемок, включающих весеннюю съемку (май) 24-28 подрайонов ИКЕС (без 27 подрайона ИКЕС) и по индексам численности 0-группы осенней съемки (сентябрь-октябрь) 22-29 подрайонов ИКЕС. При этом, как и в предыдущие годы, результаты съемок были откорректированы с учетом площадей максимального покрытия.

После всестороннего анализа опций XSA, для прогноза были использованы установки прошлого года: 1) возраст, при котором уловистость

зависит от силы годового класса, равен 1 году; 2) уловистость не зависит от возраста, начиная с 5 лет; 3) стандартная ошибка среднего (сжатого) значения коэффициента промысловой смертности F равна 0,75. Корреляции между оценками численности по XSA и индексами численности шпрота на съемках были достаточно высокими ($R^2 = 0,6 - 0,8$).

Для анализа регрессии индексов численности 0-группы для 22-29 подрайонов ИКЕС на численность пополнения (возраст 1 год) по XSA и прогноза использовалась программа калибровки пополнения RCT3 (Recruitment calibration ver. 3.1) [Shepherd, 1997]. Корреляция индексов 0-группы на съемках с численностью 1 группы XSA для поколений 2006–2017 гг. была высокой ($R^2=0,7 - 0,8$). На WGBFAS 2019 г. поколение шпрота 2018 г. (возраст 1 год в 2019 г.) оценено ниже среднего за период 1974–2018 г. и составило около 60 млрд. экз.

Корректировка оценки величины запаса и ОДУ на 2020 г. выполнялась с помощью многовариантного прогноза при разных уровнях освоения ОДУ по программе MFDP (Multi Fleet Deterministic Projection, version 1a) [ICES, 1999]. Данный подход позволил провести анализ и диагностику полученных результатов.

Как и в предыдущий год, модель «оценки в пространстве состояний» (SAM - stochastic state-space model) использовалась в качестве альтернативной модели оценки запаса и численности пополнения. Такой анализ позволил провести оценку возможных смещений (положительных или отрицательных) в выборке данных по запасу в определенные годы. Однако, в сравнении с XSA, данная модель занижает значения нерестовой биомассы и пополнения, завышает промысловую смертность. В настоящее время основным рабочим инструментом аналитической оценки и прогноза величины запаса шпрота является метод ВПА с настройкой по методу XSA [ICES 2019b].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Ретроспективный анализ состояния запаса шпрота и его промысел в 22-32 подрайонах ИКЕС представлен на рисунке 1.

В начале 1980-х годов запас шпрота был на низком уровне, с минимальным показателем нерестовой биомассы в 1981 г. - 268 тыс. т. В начале 90-х годов величина запаса начала увеличиваться, и в 1996 г. уровень нерестовой биомассы вырос до 1,9 млн. т. Нерестовая биомасса шпрота в 2019 г. оставалась на высоком уровне и составляла 1103 тыс. т, что выше среднемноголетнего значения за период 1974–2018 гг. (928 тыс. т), величины биомассы, соответствующей максимально устойчивому улову (B_{msy} – 570 тыс. т) и граничного ориентира нерестовой биомассы (B_{lim} – 410 тыс. т). Сохранение величины запаса шпрота выше среднемноголетнего уровня в ближайшие годы ожидается за счет среднеурожайных поколений 2016–2017 гг. и 2019 г. Доля численности в запасе высокоурожайного поколения 2014 г. составит 13,5%. Пополнение шпрота в возрасте 1 год в 2019 г. (поколение

2018 г.) составит 59,6 млрд. экз. при среднем многолетнем значении за период 1974–2018 гг. – 80,8 млрд. экз.

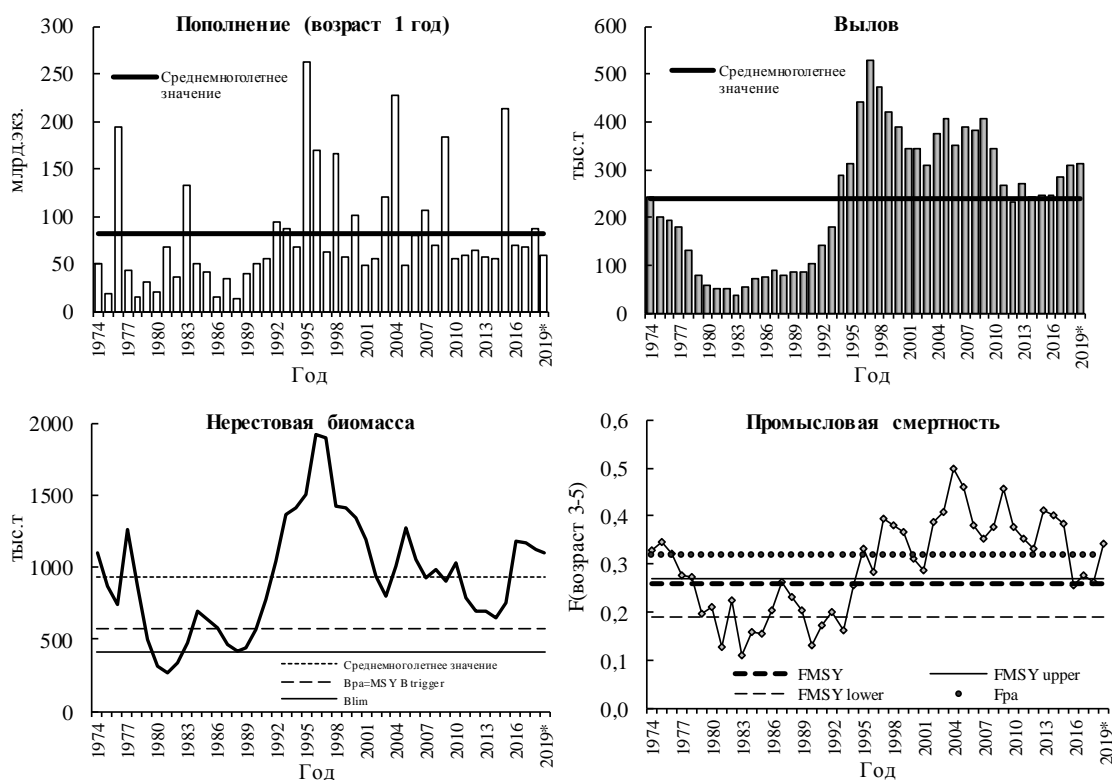


Рис. 1. Состояние запаса шпрота и его промысел в 22-32 подрайонах ИКЕС в 1974–2019 гг. (*2019 г. – предварительные значения)

Максимальный общий вылов шпрота в Балтийском море с 1974 г. по 2018 г. отмечался в 1997 г. и составил 529 тыс. т, что в 2,2 раза выше среднемноголетнего вылова (1974–2018 гг. - 240 тыс. т). За последние 10 лет минимальный вылов отмечен в 2012 г. (231 тыс. т). С 2013 г. общий вылов вновь стал увеличиваться и в 2018 г. составил 309 тыс. т, превысив среднемноголетнее значение в 1,3 раза. Ведущие страны по добыче шпрота – Польша, Швеция, Россия и Латвия.

Значение промысловой смертности ($F_{\text{bar}3-5}$) в 1974–2018 гг. колебалось от 0,11 в 1983 г. (период минимальной величины запаса шпрота) до 0,50 в 2004 г., когда величина нерестовой биомассы была выше среднемноголетней. В последние годы промысловая смертность находится в пределах границ F_{msy} . С учетом освоения ОДУ шпрота на 2019 г. всеми прибалтийскими странами на 100%, промысловая смертность в 2019 г. может превысить уровень F_{msy} и составить 0,34 (близко к уровню предосторожного подхода).

Российский вылов шпрота в 26 подрайоне ИКЕС (ИЭЗ и территориальное море России) с 1993 г. по 2018 г. варьировал с 11,2 до 41,4 тыс. т и в среднем составил 26,0 тыс. т (рисунок 2).

Максимальный исторический российский вылов с 1992 г. отмечен в 2018 г. (41,1 тыс. т) при освоении установленного ОДУ на 97,1%, минимальное – в 1994 г. (25%), и в среднем составило 64%. Недоосвоению

квот способствовала низкая закупочная цена на шпрота и низкая рентабельность устаревшего отечественного рыболовного флота на Балтике. Начиная с 2012 г. ситуация на промысле шпрота резко изменилась, чему во многом способствовали дотации из областного бюджета на рыбодобывающую отрасль и повышение закупочной стоимости шпрота. В 2013 г. освоение квоты увеличилось до 80,7% при общем вылове 22,6 тыс. т. Вылов шпрота за 2018 г. составил 41,4 тыс. т. Освоение ОДУ - на 97,1%. Данные величины являются исторически максимальными за последние 26 лет. В 2019 г. уровень освоения российского ОДУ сохраняется на высоком уровне. По данным на 15 ноября 2019 г. вылов шпрота в 26+32 подрайонах ИКЕС составлял 35,2 тыс. т, освоение достигнуто на 88,2%.

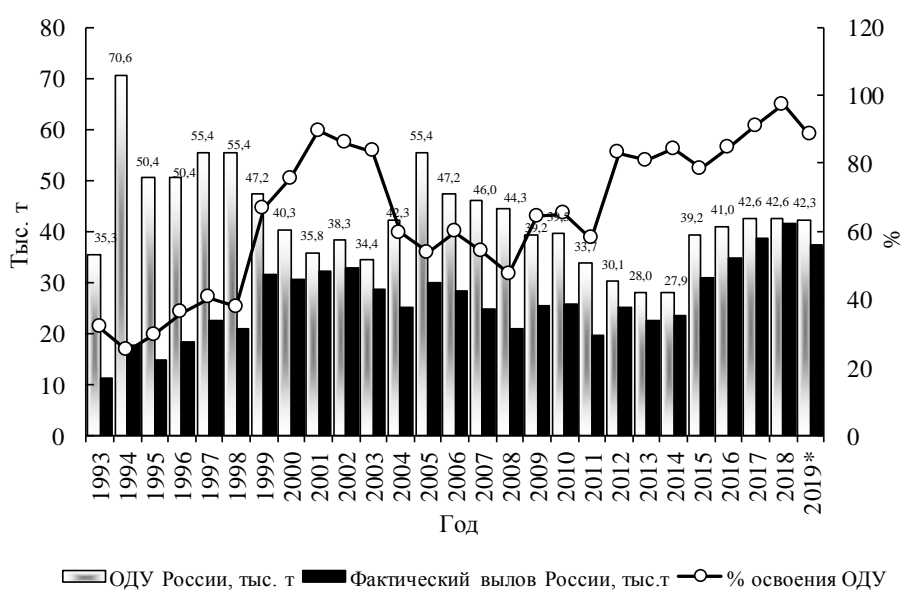


Рис. 2. Российский ОДУ (тыс. т), фактический вылов (тыс. т) и освоение ОДУ (%) шпрота Балтийского моря в 1993–2019 гг. (*2019 г. – данные по 26 подрайону ИКЕС на 15 ноября)

С января по ноябрь 2019 г. пелагический траловый лов в море вели от 10 до 36 малотоннажных судов типа МРТК К, МРТР, РТИП, МРТКм. В первом квартале года вылов шпрота составил 19,3 тыс. т, что на 4,2 тыс. т ниже, чем в первом квартале 2018 г. из-за увеличения продолжительности штормовых суток. Производительность малотоннажных траловых судов (МРТК) и рыбоналивных (РТИП) (17,1 т на с/с лова) сравнима с величиной соответствующего сезона 2018 г. (17,9 т на с/с лова). Во втором квартале 2019 г. вылов стал максимальным в многолетнем плане (15,8 тыс. т), на 7,9 тыс. т выше, чем в сезоне прошлого года. Производительность траловых судов (МРТК) достигала 22,7 т, рыбоналивных (РТИП) – 42,3 т и среднем составила 15,6 т на с/с лова. Объем добычи шпрота за первые полугодия 2018 – 2019 гг. практически равен и достиг максимальных величин за последние двадцать лет. В третьем квартале года вылов шпрота (кильки) традиционно снижался и в последние десять лет колебался 4 до 0,2 тыс. т, что связано с заинтересованностью рыбопромышленников в облове сельди, как более качественного (в летний период), выгодного и востребованного сырья на

потребительском рынке. В июле - сентябре 2019 г. шпрот в незначительном количестве (0,2 тыс. т) присутствовал в уловах при облове сельди. В ноябре производительность малотоннажных судов достигала 22,9 т на с/сутки лова, при доминировании шпрота (кильки) в видовом составе улова. Средняя производительность при облове скоплений шпрота на малотоннажных судах в 2019 г. составила 18 т за сутки лова.

Размерно-возрастной состав шпрота. В 2019 г. в промысловых уловах в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) и территориальном море России в 26 подрайоне ИКЕС наблюдался шпрот длиной от 7,0 до 14,5 см, с преобладающими размерными группами 10,0-11,5 см (51,6% численности), в возрасте от сеголеток до 10 лет. Средняя длина шпрота составила 10,7 см, средняя масса – 8,1 г, средний возраст – 2,1 года (таблица 1).

Таблица 1

Основные биологические показатели шпрота российских промысловых уловов в зоне РФ 26 подрайона ИКЕС в 2010-2019 гг.

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ср. длина, см	10,3	10,7	10,5	10,4	10,1	10,0	10,4	11,1	11,0	10,7
Ср. масса, г	6,9	7,9	8,6	7,6	7,2	8,0	8,3	8,7	8,5	8,1
Ср. возраст, год	1,5	2,0	1,8	1,8	1,6	1,5	1,9	2,0	2,2	2,1

По всей акватории облова пелагических скоплений основу промысловых уловов в течение текущего года составлял шпрот в возрасте 1-5 лет (94,2% численности), среди которых доминировали особи в возрасте одного (43,1%) и двух (38,7%) лет. Отмечена значительная доля трех годовиков (около 14%). Доля молоди или сеголетков размером менее 9,5 см (возраст 0+) в среднем за год достигла 24,8% численности. В сравнении с 2012–2018 гг. снизилась доля шпрота размером более 12 см (21%), где основную часть рыб составляло урожайное поколение 2014 г. (возраст 5 лет), доля которого варьировала от 2,4% до 22,3% численности.

Анализ поквартального размерно-возрастного состава промысловых уловов шпрота в 2019 г. показал динамику в доминировании численности шпрота в возрасте от сеголеток до пяти лет, с модальной размерной группой 10,5-12,0 см (63,1%). В первом квартале основу уловов составлял шпрот в возрасте 1 года (53%). Во втором квартале в возрастной структуре уловов доминировал шпрот в возрасте двух лет (51% численности). В третьем квартале в промысловых тралах доминировал по численности шпрот в возрасте от 2-5 лет (92%) в относительно равных долях (20-26%). В четвертом квартале в уловах по численности доминировали сеголетки и двух годовики шпрота (25% и 28% соответственно).

Анализ биостатистических материалов промысла шпрота в пределах исследованной акватории России 26 подрайона ИКЕС показал, что в возрастной структуре доля старших возрастных групп (возраст 3+) в 2017–2019 гг. составила не менее 30% от общей численности выловленной рыбы, следовательно, поколение 2019 г. будет не ниже среднеурожайного.

В период проведения тралово-акустической съемки в зоне РФ в 26 подрайоне ИКЕС в научных уловах наблюдался шпрот длиной от 7,0 до 15,0 см в возрасте от сеголеток (+0) до 8 лет. В размерно-возрастной структуре уловов в 2019 г. доминировал шпрот с одной модальной размерной группой 11,0-12,5 см (67,3%), возрастом от 2 до 5 лет (69%). Доля сеголеток составляла 19%, годовиков - 10% по численности. Средняя длина шпрота в научных уловах составила 11,3 см, средняя масса – 9,4 г, средний возраст – 2,4 года. Индексы численности молоди шпрота в пределах исследованной акватории в ИЭЗ и территориальное море России в 26 подрайоне показали, что поколение 2019 г. (сеголетки) будет как минимум среднеурожайным.

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры, используемые при оценке величины запаса шпрота и прогноза ОДУ на 2020 г., представлены в таблице 2 [ICES 2014, 2015; EU, 2016; ICES 2019b].

Таблица 2

Биологические ориентиры для запаса шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС

Критерий	Ориентир	Значение	Методы оценки
MSY подход	F_{MSY}	0,26	Стохастическое моделирование методом сегментированной регрессии и кривые Риккера запас-пополнение для временных рядов 1992-2013 гг.
	$MSY B_{trigger}$	570 тыс. т	На уровне B_{pa} .
	Многовидовой F_{MSY}	0,19–0,27	Многовидовая модель (SMS). Одна из опций, дающих высоко устойчивый вылов шпрота, сельди и трески, вследствие снижения хищнической смертности от трески.
	$F_{MSYlower}$ (нижняя граница)	0,19	Многовидовая модель (SMS). Оценена исходя из вероятности сокращения максимально устойчивого вылова не более, чем на 5%.
	$F_{MSYupper}$ (верхняя граница)	0,27	Многовидовая модель (SMS). Оценена исходя из вероятности падения (роста) нерестовой биомассы ниже (выше) биологически безопасной границы (B_{lim}) не более чем на 5%.
Граничный ориентир нерестовой биомассы	B_{lim}	410 тыс. т	Отношение запас-пополнение (биомасса, которая дает половину от максимально пополнения по модели Бивертон-Холта)
Предосторожный подход	B_{pa}	570 тыс. т	$1.4 \times B_{lim}$.
	F_{lim}	0,39	Согласуется с B_{lim} .
	F_{pa}	0,32	Согласуется с B_{pa} .

Для запаса шпрота биологические ориентиры концепции максимального устойчивого улова (MSY) сильно зависят от состояния запаса трески. В настоящее время величина запаса трески находится на уровне

граничного ориентира ее нерестовой биомассы. Вследствие этого пресс хищничества на шпрота также снизился [ICES CM 2016/F:665; ICES, 2019]. Кроме того, увеличилась пространственная неоднородность распределения промысловых видов рыб в рамках единиц запасов, снижение/отсутствие хищничества трески в Центральной и Северной Балтике усилило межвидовую и внутривидовую конкуренцию мелкосельдевых в этих районах. В связи с этим, учет так называемых «плотностно-зависимых» эффектов роста и естественной смертности стал играть важную роль в настройках прогностических моделей состояния запасов шпрота и балтийской сельди, были пересмотрены верхние границы промысловой смертности, соответствующие концепции MSY [Horbowy, Luzenczyk, 2016; Амосова и др., 2018].

Новые данные, полученные Рабочей группой по съемкам в Балтийском море в 2019 г. (WGBIFS 2019), подтвердили неоднородность распределения нерестовой биомассы шпрота по подрайонам ИКЕС. Так, за последние 5 лет в северных подрайонах ИКЕС (29-32) наблюдается снижение нерестовой биомассы, а в 26+28 подрайонах ИКЕС, напротив, стабильный рост ее величины. Таким образом, на фоне падения пресса хищничества, отмеченное незначительное снижение текущей величины всего запаса шпрота связано в первую очередь с уменьшением вклада северных подрайонов ИКЕС в его нерестовую биомассу. С учетом рекомендованных ИКЕС дифференцированных мер регулирования промысловой нагрузки в различных районах распределения (ареала обитания) единицы запаса шпрота вылов в 26+28 подрайонах ИКЕС может быть несколько увеличен, а в северных подрайонах – снижен [Horbowy, Luzenczyk, 2016; ICES, 2019ab].

Обоснование правила регулирования промысла (ПП)

Согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 обоснование ОДУ должно осуществляться в соответствии с принципами предосторожного и экосистемного подходов, концепции максимального устойчивого улова (MSY). Несколько последних лет ИКЕС также рекомендует придерживаться подхода управления запасом шпрота, направленного на достижение максимально устойчивого улова – MSY, согласно которому основной целью промысловой эксплуатации популяций диких гидробионтов служит максимизация среднегодового улова. Данный подход направлен как на увеличение вылова, так и на поддержание способности рыб к устойчивому воспроизводству. Идентификация правила регулирования промысла (ПП) осуществлялась с помощью ориентиров управления по биомассе и промысловой смертности. Применялось трехзональное ПП. Правило регулирования промысла шпрота, предназначенное для обеспечения устойчивого рыболовства в долгосрочной перспективе, представлено на рисунке 3.

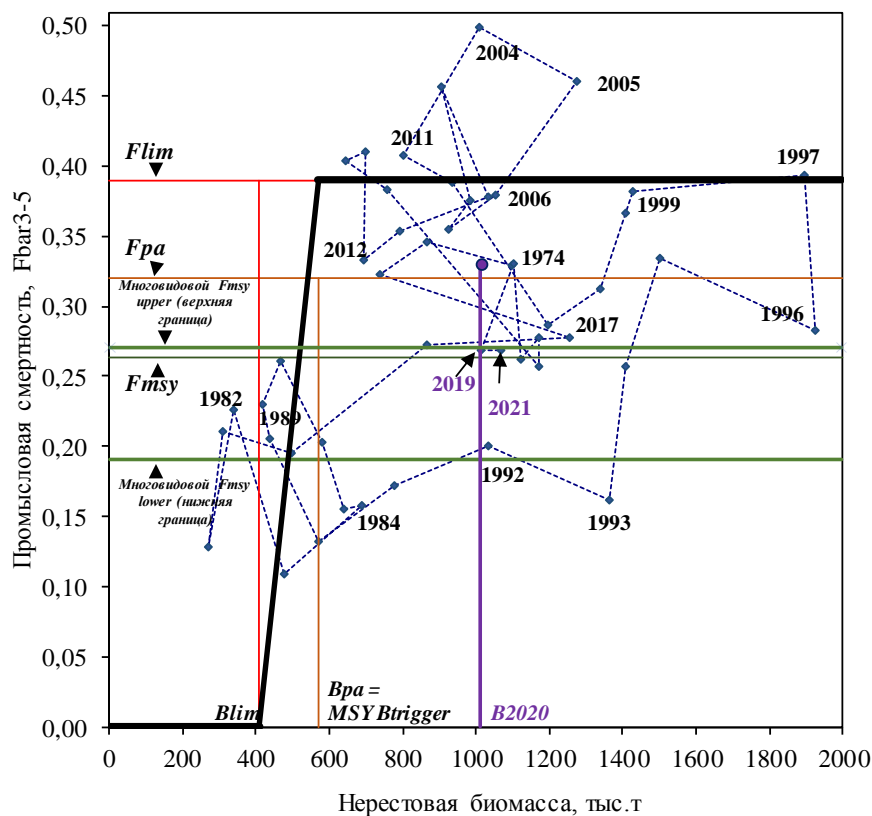


Рис. 3. Запас шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС

Правило регулирования промысла

На рисунке также изображены ретроспективные (1974–2019 гг.) и прогнозные состояния запаса в координатах биомассы нерестового запаса и промысловой смертности. Из сопоставления рисунков 1 и 3 с приведенными биологическими ориентирами видно, что величина запаса шпрота находится в биологически безопасных пределах и в состоянии полной репродуктивной способности [ICES 2019b]. При этом в последние годы промысловая смертность F_{msy} находится в пределах границ, обеспечивающих соблюдение концепции MSY. Промысловая смертность на 2019 г. (при 100% освоении ОДУ всеми прибалтийскими странами) близка к предосторожному подходу (РА). Основываясь на многовидовом подходе к определению F_{msy} , с учетом снижения хищничества трески на шпрота, рекомендуемая величина промысловой смертности для прогнозного 2020 г. составит 0,27, что соответствует верхней границе многовидового подхода F_{msy} .

Прогнозирование состояния запаса

Численность пополнения шпрота ($t=1$) на 2019 г. получена из результатов анализа RCT3 и составила 59,567 млрд. экз., что указывает на поколение ниже среднего. Численность рекрутов на 2020–2021 гг. была принята как геометрическое среднее из расчетов, полученных согласно методу XSA в возрасте 1 год за период 1991–2018 гг. и составила 86,541 млрд. экз., что соответствует уровню выше среднеурожайного

поколения и подтверждено данными российской тралово-акустической съемки, проведенной в октябре 2019 г. в 26 подрайоне ИКЕС (таблица 3).

Таблица 3

**Общая численность шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря
в 2010–2020 гг., млн. экз.**

Возраст рыб	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	54408	58322	64280	57417	55974	212928	69878	68011	87522	59567	86541
2	108465	32033	30162	40318	36628	37122	141564	47764	48140	61457	41325
3	22848	53845	16943	16198	21300	20505	23185	86164	30661	31142	38310
4	14207	10665	24176	9511	8008	10147	10667	13475	50623	17792	17777
5	4776	5979	4662	11028	4940	3894	4670	5554	7415	27629	9319
6	2928	2187	2703	2231	4824	2416	1809	2347	2849	4055	13933
7	3880	1241	980	1289	1062	2385	1223	884	1193	1657	2063
8+	1957	1817	1412	1302	1105	1180	1335	1443	961	1254	1448
Всего	213469	166089	145318	139294	133841	290577	254331	225642	229364	204553	210716

Промысловая смертность ($F_{\text{bar}3-5}$) для 2019 г. определена в размере 0,34 в соответствии с общим ОДУ на 2019 г. ($EC\ 270,8\ \text{тыс. т} + RF\ 42,3\ \text{тыс. т}$) = 313 тыс. т. Промысловая смертность ($F_{\text{bar}3-5}$) для 2020–2021 гг. принята согласно опции управления многовидового подхода MSY (верхняя граница) и соответствует правилу регулирования промысла (таблица 4).

Таблица 4

**Промысловая смертность (F) шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря
в 2010–2020 гг.**

Возраст рыб	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0,11	0,21	0,10	0,14	0,11	0,10	0,05	0,06	0,09	0,07	0,06
2	0,28	0,19	0,26	0,33	0,28	0,16	0,17	0,16	0,17	0,18	0,14
3	0,34	0,35	0,21	0,39	0,44	0,34	0,21	0,25	0,28	0,27	0,21
4	0,46	0,39	0,43	0,35	0,42	0,47	0,33	0,32	0,34	0,36	0,28
5	0,38	0,36	0,38	0,52	0,42	0,46	0,37	0,39	0,34	0,40	0,31
6	0,46	0,37	0,39	0,44	0,41	0,38	0,40	0,40	0,28	0,39	0,31
7	0,38	0,47	0,45	0,33	0,48	0,34	0,49	0,38	0,28	0,42	0,33
8+	0,38	0,47	0,45	0,33	0,48	0,34	0,49	0,38	0,28	0,42	0,33
Fbar 3-5	0,39	0,37	0,34	0,42	0,43	0,43	0,30	0,32	0,32	0,34	0,27

Коэффициенты естественной смертности (M), переменные для различных возрастных групп, в разные годы зависят от влияния хищничества трески. До 2012 г. коэффициенты смертности от хищничества (M_1) были получены на основе многовидового ВПА (MSVPA). Начиная с 2013 г. новые оценки M_1 (для 1974–2011 гг.) выполнялись с помощью стохастического многовидового моделирования (SMS - Stochastic Multi-Species model). Основным отличием данной модели от MSVPA явилась возможность использования в настройках долгопериодных рядов вылова трески, шпрота и

сельди по возрастным группам, индексов численности, биомассы рыб и наполнения их желудков по данным съёмок [ICES, 2013]. В среднем полученные значения M_1 отличались от таковых значений из МВВПА на +/- 20%. К естественной смертности M_1 , как и ранее, была добавлена смертность от других причин, равная 0,2. Коэффициенты естественной смертности шпрота по возрастным группам, оцененные с помощью стохастического многовидового моделирования (SMS) приняты на уровне 2016–2018 гг. (таблица 5). В целом для 2017–2019 гг. коэффициенты естественной смертности были снижены в связи с падением биомассы трески.

Таблица 5

**Естественная смертность (M) шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС
Балтийского моря в 2010–2020 гг.**

Возраст рыб	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0,420	0,453	0,364	0,313	0,303	0,310	0,329	0,283	0,268	0,293	0,293
2	0,420	0,453	0,364	0,313	0,303	0,310	0,329	0,283	0,268	0,293	0,293
3	0,419	0,451	0,363	0,313	0,303	0,309	0,328	0,282	0,268	0,293	0,293
4	0,409	0,440	0,357	0,308	0,299	0,305	0,323	0,279	0,265	0,289	0,289
5	0,403	0,433	0,353	0,305	0,296	0,302	0,320	0,277	0,264	0,287	0,287
6	0,398	0,427	0,349	0,303	0,294	0,300	0,317	0,275	0,262	0,285	0,285
7	0,396	0,425	0,347	0,301	0,293	0,298	0,315	0,274	0,261	0,283	0,283
8+	0,396	0,425	0,347	0,301	0,293	0,298	0,315	0,274	0,261	0,283	0,283

В 2013 г. ИКЕС были выполнены работы по ревизии данных о темпе созревания шпрота, полученные в 2002 г. за период 1980–2001 гг. [ICES, 2013]. Данные России, Польши, Латвии, Германии и других прибалтийских стран были усреднены по группам подрайонов, в том числе по подрайонам ИКЕС 26+28, с весовым коэффициентом, отражающим пропорцию вылова в подрайонах. Они анализировались с использованием обобщенной линейной интерактивной модели (GLIM). Результаты для всего моря в среднем показали, что в возрасте 1 год созревает 17% шпрота, в возрасте 2 года – 93%, в возрасте 3 года – 100% шпрота. Оценки созревания в 2013 г. не отличались от таковых в 2002 г., поэтому в расчетах использовались данные о темпе созревания, полученные рабочей группой ИКЕС по изучению созревания сельди и шпрота в 2002 г. [ICES, 2002]. Для расчета биомассы запаса на 2019 г. также использовались средние значения темпа полового созревания по возрастным группам, рассчитанные Исследовательской группой по половому созреванию шпрота и сельди в 2002 г. [ICES, 2002].

Средняя масса рыб по возрастным группам в запасе была принята как средняя за период 2016–2018 гг. [ICES, 2019b].

Исходные данные для корректировки прогноза биомассы запаса и уловов шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря на 2020 г. с учетом вновь поступившего материала с Рабочих групп ИКЕС 2019 г. (WGBIFS 2019, WGBFAS 2019), а также с российских промысловых судов и российской

тралово-акустической съемки, проведенной в октябре 2019 г. в 26 подрайоне ИКЕС, представлены в таблице 6.

Таблица 6

Исходные данные для прогноза биомассы запаса и уловов шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря

Возраст, лет	2019				
	Запас, млн.экз.	M	Созревание	Средняя масса в запасе (в улове), кг	F
1	59567	0,2933	0,17	0,0049	0,0723
2	61457	0,2933	0,93	0,0079	0,1793
3	31142	0,2927	1	0,0094	0,2680
4	17792	0,2890	1	0,0106	0,3577
5	27629	0,2870	1	0,0115	0,3976
6	4055	0,2847	1	0,0120	0,3909
7	1657	0,2833	1	0,0118	0,4152
8+	1254	0,2833	1	0,0114	0,4152
2020-2021					
1	86541	0,2933	0,17	0,0049	0,0572
2	.	0,2933	0,93	0,0079	0,1419
3	.	0,2927	1	0,0094	0,2122
4	.	0,2890	1	0,0106	0,2831
5	.	0,2870	1	0,0115	0,3147
6	.	0,2847	1	0,0120	0,3094
7	.	0,2833	1	0,0118	0,3287
8+	.	0,2833	1	0,0114	0,3287

Примечание:

Пополнение 2019 г. (1-годовики) - из анализа RCT3, скорректировано по регрессии на численность этой группы по ВПА и подтверждено данными российской тралово-акустической съемки, проведенной в октябре 2019 г. в 26 подрайоне ИКЕС; Численность возрастов 2-8+ в 2019 г.: результат ВПА (табл. 3); Пополнение 2020-2021 гг.: геометрическое среднее за 1991-2018 гг.; M (естественная смертность): средняя за 2016-2018 гг.; Средняя масса в запасе (в улове): средняя за 2016-2018 гг.; Модель эксплуатации (F): настройка через ОДУ 2019 ($F = 270,8 \text{ тыс. т} + R_F 42,3 \text{ тыс. т} = 313 \text{ тыс. т}$ и ОДУ 2020 (на уровне верхней границы многовидового подхода значения $F_{MSY} = F_{bar3-5} = 0,27$))

Расчеты показали, что при $F_{bar3-5} = F_{MSY_{upper}} = 0,27$ в 2020 г. биомасса нерестового запаса шпрота составит 1013 тыс. т. ОДУ шпрота для всей единицы запаса (22-32 подрайоны ИКЕС) в 2020 г. составит 234 тыс. т (таблица 7).

Таблица 7

Численность, биомасса и ОДУ шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря на 2020 г.

Возраст, лет	Общая численность, млрд.экз.			Темп полового созревания	Нерест. запас, млн.экз.	F (2020)	M	Средняя масса рыб, кг	Биомасса в 2020 г., тыс.т		ОДУ на 2020 г.	
	2018	2019	2020						общая	нерестовая	млн.экз.	тыс.т
1	87,522	59,567	86,541	0,17	14712	0,06	0,29	0,0049	426,9	63,084	4175,6	20,6
2	48,140	61,457	41,325	0,93	38432	0,14	0,29	0,0079	326,5	255,103	4754,5	37,6
3	30,661	31,142	38,310	1,00	38310	0,21	0,29	0,0094	361,4	295,305	6383,0	60,2
4	50,623	17,792	17,777	1,00	17777	0,28	0,29	0,0106	189,0	150,362	3832,4	40,8
5	7,415	27,629	9,319	1,00	9319	0,31	0,29	0,0115	107,5	84,488	2203,6	25,4
6	2,849	4,055	13,933	1,00	13933	0,31	0,28	0,0120	167,7	132,201	3250,4	39,1
7	1,193	1,657	2,063	1,00	2063	0,33	0,28	0,0118	24,4	19,115	507,3	6,0
8+	0,961	1,254	1,448	1,00	1448	0,33	0,28	0,0114	16,5	12,920	355,9	4,1
Всего	229,36	204,55	210,72	$pM=0,4$	135994				1620	1013	25463	234
Ср. F3-5	0,32	0,34	0,27	$pF=0,4$		0,27						

При этих условиях, исходя из снижения пресса хищничества трески, достаточно высокого уровня урожайности поколения 2019 г. (выше среднесноголетнего), а также возможной доли российского вылова от ОДУ запаса шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря, российский ОДУ шпрота в 2020 г. может составить 46,5 тыс.

Таким образом, рекомендуется корректировка ОДУ шпрота в Балтийском море на 2020 г. в сторону увеличения на 4,0 тыс. т (с 42,5 тыс. т до 46,5 тыс. т).

Анализ и диагностика полученных результатов

Оценка «АтлантНИРО» выполнялась с помощью многовариантного прогноза при разных уровнях освоения ОДУ (рисунок 4). Расчеты показали, что при условии полного (100%) освоения ОДУ 2019–2020 гг. всеми прибалтийскими странами общая биомасса запаса к началу 2021 г. составит 1620 тыс. т, нерестовая биомасса - 1069 тыс. т. Значение полученной нерестовой биомассы на 2021 г. в 1,2 раза выше среднесноголетней (928 тыс. т), в 1,9 раза выше триггерной биомассы ($B_{pa}=MSY$ $B_{trigger} = 570$ тыс. т) и в 2,6 раза выше предельной нерестовой биомассы ($B_{lim} = 410$ тыс. т). Снижение нерестовой биомассы в 2020–2021 гг. ниже биологических ориентиров при рассматриваемых уровнях освоения ОДУ не ожидается.

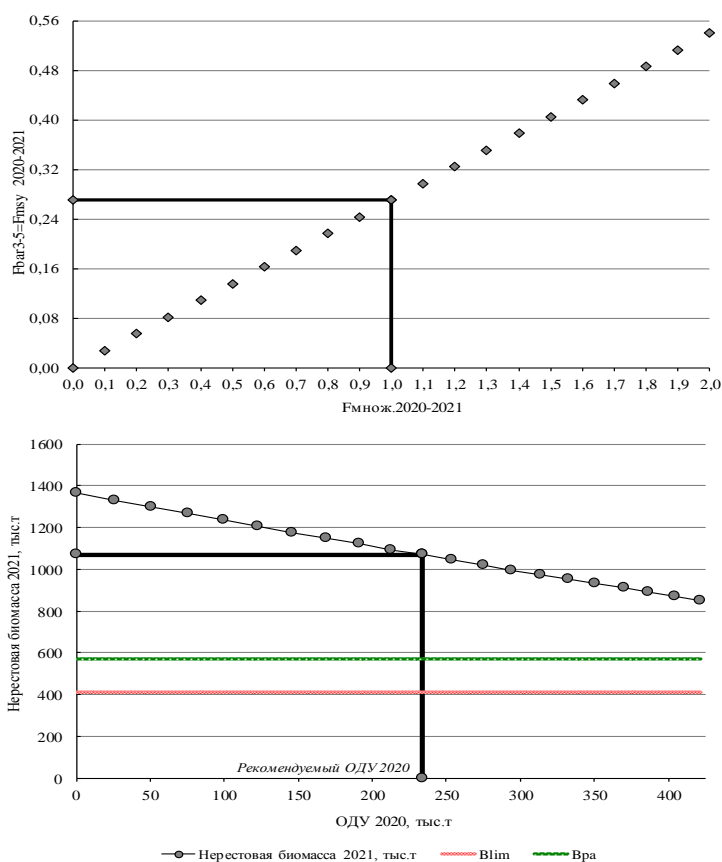


Рис. 4. Варианты управления запасом шпрота 22-32 подрайонов ИКЕС в Балтийском море в 2020–2021 гг. (прогноз с учетом предполагаемого освоения ОДУ всеми прибалтийскими странами в 2019–2020 гг.)

Несмотря на то, что вклад в нерестовую биомассу поколений 2017–2019 гг. в уловах 2020 г. будет высок и составит около 46%, вылов во второй половине 2020 г. будет сильно зависеть от численности поколения 2020 г., на урожайность которого в первую очередь будут влиять абиотические условия зимы 2019–2020 гг. и пресс хищничества трески. Если поколение 2020 г. окажется бедным по результатам XSA, то нерестовая биомасса во второй половине 2020 г. может оказаться примерно на 17–20% ниже, чем в данном прогнозе [Амосова и др., 2018; ICES 2019b].

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Водные биологические ресурсы Балтийского моря всегда были востребованными рыбопромышленным комплексом и имели большое значение для социально-экономического благосостояния населения прибрежных районов всех прибалтийских стран, включая Россию. Это обуславливалось близостью промысловых районов от незамерзающих портов и береговых предприятий переработки и сбыта продукции, благоприятными климатическими и гидрологическими условиями, которые способствовали круглогодичному лову рыбы. Именно поэтому Балтийское море всегда относилось к водоемам с традиционно развитым рыболовством с сопутствующей инфраструктурой.

Во многом благодаря международному регулированию, в настоящее время запасы основных объектов промысла в Балтийском море находятся в удовлетворительном состоянии. Россия, в составе прибалтийских государств, по мере возможностей принимает участие в исследованиях состояния запасов промысловых рыб, различных международных программах по рациональному использованию сырьевых ресурсов Балтики. В российском секторе моря рыболовство регулируется в соответствии с «Правилами рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна», которые регламентируют применение различных типов орудий лова, сроки запрета, установление минимальной промысловой длины рыб и прочие условия добычи. Исходя из сложившихся в настоящее время условий, запасы большинства видов водных биоресурсов остаются в состоянии, позволяющем вести стабильный промысел. Поэтому важным элементом регулирования рыболовства является установление научно-обоснованных объемов ОДУ ценных промысловых биоресурсов с целью обеспечения максимальных устойчивых уловов.

Независимые от стран Европейского Союза российские исследования акватории Балтийского моря (научные экспедиции) в настоящее время крайне нерегулярны. В 2014 г. такие исследования не проводились вообще, в 2015 г. была выполнена лишь одна гидроакустическая съемка. В 2016–2017 гг. по программе Международного совета по исследованию моря (ICES) выполнены две гидроакустические и две донные съемки в осенний период (сентябрь–октябрь), а в 2018 г. тралово-акустические съемки на акватории российской зоны не проводились. Поэтому оценить межгодовые изменения видового состава уловов в сходный сезон не представляется возможным.

Для Балтийского моря характерен бедный видовой состав ихтиоценоза. В уловах тралово-акустических съемок в 2015–2017 и 2019 гг. и по данным наблюдателей АтлантНИРО на промысловых судах за 2016–2019 гг. прилов не промысловых видов рыб в сумме не превышал 0,010-0,014% (таблица 8).

Качественные и количественные изменения видового состава уловов тралово-акустических съемок 2015–2017 и 2019 гг. в первую очередь были связаны с выполнением исследований в разные сезоны, а наличие или отсутствие приловных видов из промысловых пелагических уловов 2016–2019 гг. обусловлено районами ведения промысла.

Согласно работам, представленными специалистами «АтлантНИРО» на WGBFAS в 2012 и 2016 гг., на примере основной акватории российского промысла шпрота (26 подрайон ИКЕС), появление урожайных поколений шпрота коррелирует с положительной, для этого вида ВБР, динамикой гидрологического режима моря - мягкими зимами, уменьшением площади ледового покрытия, а также ростом летней (июль-август) температуры поверхности воды. Выполненный интегрированный экосистемный анализ позволил сделать вывод, что данные прогностические ожидания окажут позитивное влияние на развитие теплолюбивых эвригалинных видов и в целом будут благоприятными для развития популяции шпрота [Зезера и др. 2014; ICES, 2017ab, Амосова и др., 2017, 2018].

Ведение смешанного пелагического промысла сельди и шпрота, особенно при использовании рыбоналивных судов, является причиной некоторой неопределенности в оценках фактических величин вылова обоих видов. В течении года отмечаются периоды, когда маломерная сельдь поступает на потребительский рынок под вывеской шпрота.

С целью дальнейшего обеспечения стабильных максимальных устойчивых уловов объектов промысла в Балтийском море с учетом политической обстановки в регионе и концепции импортозамещения требуется проведение на постоянной основе научных исследований и широкомасштабного мониторинга с соответствующим бюджетным финансированием. Недостаточность или полное отсутствие регулярных исследований на уровне, соответствующем современным требованиям, не только ослабляет позицию России по аргументированной защите своих интересов в области рыболовства на переговорах с ЕС, но и в ближайшем будущем не позволит выполнять корректную научно-обоснованную оценку величины рыбных запасов в ИЭЗ и территориальном море Российской Федерации, прогноз их состояния на перспективу, что может привести к весьма ощутимым негативным экономическим последствиям для российского рыболовства и возможному непониманию проводимой социальной политики в области рыбодобывающего комплекса.

Минтай (*Theragra chalcogramma*)

Зона Чукотское море

Исполнители: Д.А. Васильев, А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В прогнозе использованы данные специализированных морских научно-исследовательских работ, проводившихся на судне НИС «Профессор Леванидов» в Чукотском море в 2019 г. (рис. 1).

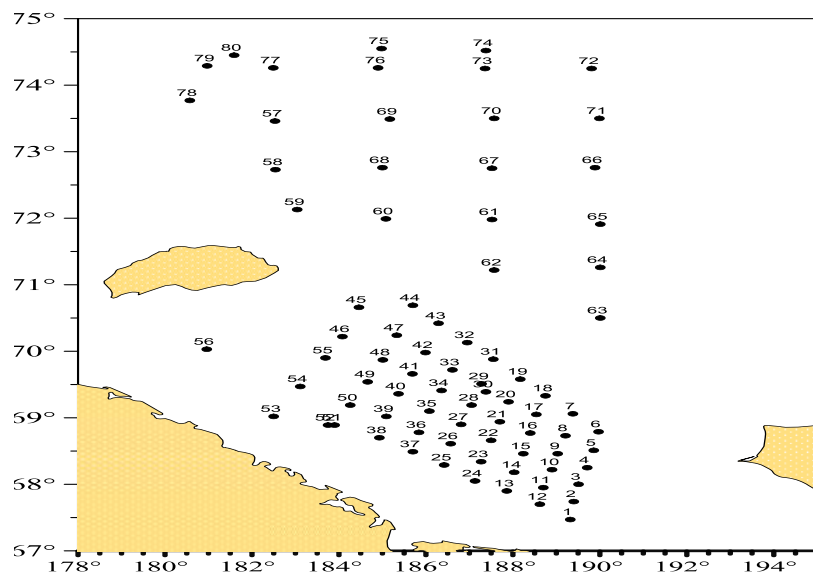


Рис. 1. Схема траловых станций НИС «Профессор Леванидов» в Чукотском море в августе 2019 г.

Имеющиеся материалы, согласно Приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, соответствуют III уровню информационного обеспечения.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Регулярный промысел минтая отсутствует. Оценка запасов проводится методом учётных траловых съёмок.

По результатам траловой съёмки биомасса минтая оценена методом сплайн-аппроксимации и скорректирована модификацией «метода площадей» с использованием полигонов Тиссена и диаграмм Дирхле-Воронного [Состояние промысловых ресурсов..., 2015].

Численность и биомасса минтая рассчитывалась по площадям ячеек Воронного [Борисовец и др., 2003]:

$$B_j = \max_{i=\min} P_{ij} S_i'$$

где: B_j – биомасса или численность запаса j -того вида, S_j – площадь ячейки Воронного-Дирхле i -того траления.

Ячейки строились по каждому из тралений по районам и зонам.

Плотности распределения рыб рассчитывались по их уловам в зависимости от протральной площади с учётом соответствующего коэффициента уловистости:

$$P_{ij} = \frac{m_{ij}}{1,852 \times v_i \times t_i \times 0,001 \times a \times k_j};$$

где: P – плотность распределения вида, кг/км² или экземпляры/км²; m – улов, кг или экземпляры; v – средняя скорость траления, узлы; t – время траления, часы; a – горизонтальное раскрытие трала, равное 16,26 м; k – коэффициент уловистости; 1,852 – коэффициент перевода морских миль в километры; 0,001 – коэффициент перевода метров в километры; i – индекс, обозначающий номер траления; j – индекс, обозначающий вид рыбы.

Величина коэффициента уловистости для минтая принята на основе имеющихся литературных данных [Борец, 1997; Атлас..., 2006; Макрофауна..., 2014]: для молоди – 0,1; для взрослых рыб – 0,4.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Минтай в Беринговом море имеет обширный ареал [Фадеев, 1986; Шунтов и др., 1993], обитая преимущественно в водах шельфа и материкового склона в пределах 20-600 м [Серобаба, 1977; Фадеев, 1988, 1991; Шунтов и др., 1993]. Многочисленные данные по биологии и распространению минтая Берингова моря свидетельствуют о миграциях его молоди, а также дрейфе икры и сеголеток, с мест нереста в восточной части моря в нагульные районы западной части [Фадеев, 1991; Шунтов и др., 1993; Степаненко, 1997]. В незначительных количествах они отмечены также и в южной части Чукотского моря и в глубоководных котловинах Берингова моря [Wolotira et al., 1977; Mulligan et al., 1989; Соболевский и др., 1991]. Молодь минтая выносится в Чукотское море посредством теплых течений через Берингов пролив из Берингова моря.

По данным траловой съемки в августе 2019 г. (рис. 1) основные скопления минтая длиной более 17 см концентрировались в центральной части исследуемого участка вблизи о-ва Врангеля при донной температуре +2°C. Максимальные уловы здесь составляли 38,1 экз./км² и 44 тыс. кг/км² (рис. 2В, Г). В северной части данного района плотность распределения уменьшалась до 56,2 экз./км² (0,2 кг/км²). Наименьшие уловы минтая были зафиксированы на крайнем западном галсе южного участка, где его уловы колебались от 51,1 экз./км² (110 кг/км²) до 787,4 экз./км² (1,2 т/км²).

Распределение минтая длиной менее 17 см по всему исследуемому участку было неравномерно. Основные скопления молоди концентрировались в северной части южного участка моря (рис. 2А, Б). Максимальные уловы здесь составляли 22,4 тыс. экз./км². Минимальные уловы (210 экз./км²) наблюдались, как на юге этого участка, так и в западной его части. На севере данного района плотность распределения постепенно уменьшалась до 217 экз./км², и в тоже время чуть западнее вблизи о-ва Врангеля отмечались высокие концентрации молоди, где уловы достигали 20,2 тыс. экз./км² (251 кг/км²). На севере плотность распределения молоди

уменьшалась и составляла от 261,2 экз./км² (5,1 кг/км²) до 614 экз./км² (1,0 кг/км²).

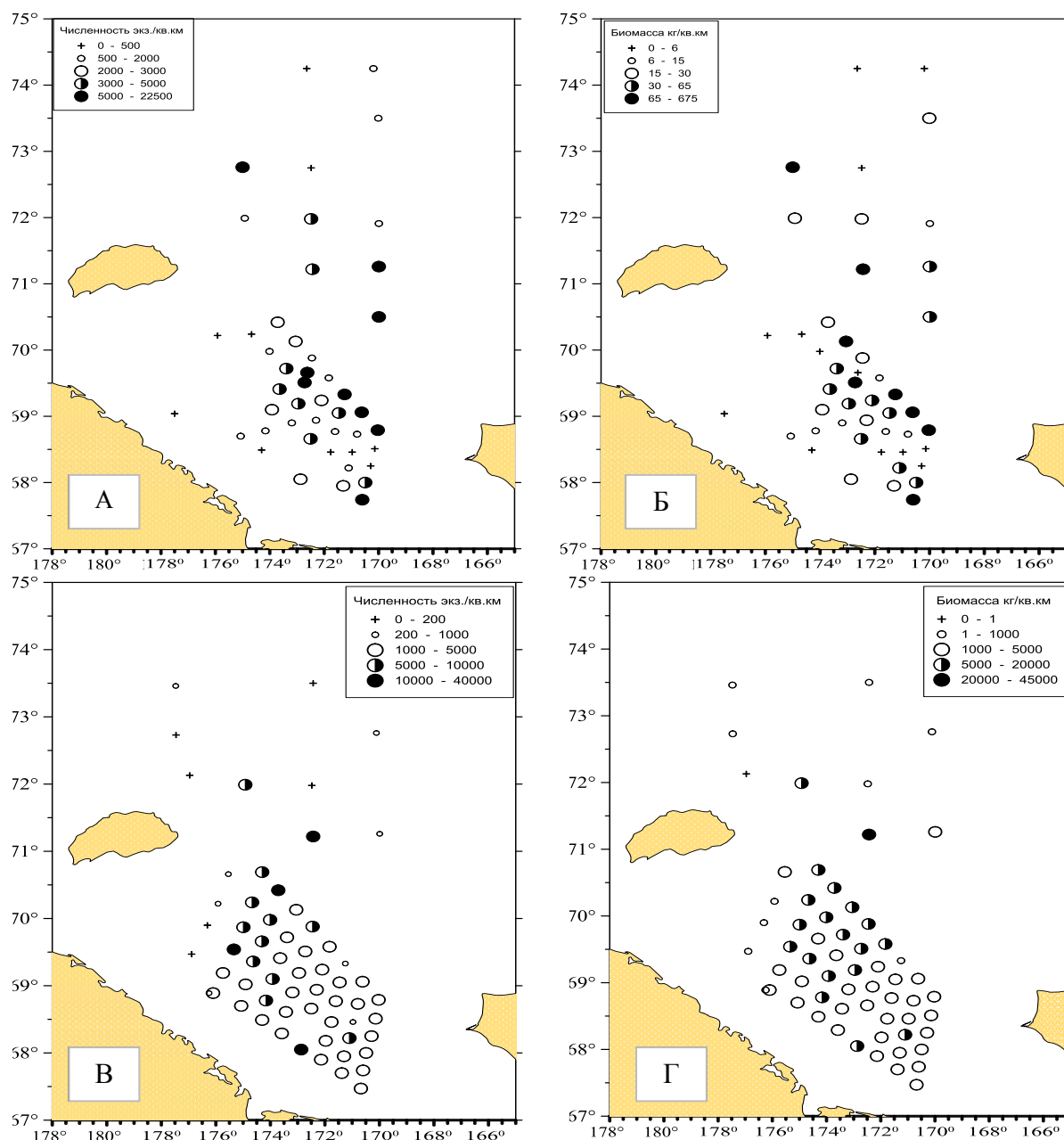


Рис. 2. Распределение минтая длиной менее (А, Б) и более (В, Г) 17 см в Чукотском море в августе 2019 г. А, В – численность, экз./км², Б, Г – биомасса, кг/км²

Размерный ряд минтая в 2019 г. представлен двумя группами – 5-30 см и 45-80 см (рис. 3А). Среднеразмерный минтай в уловах отсутствовал. Доминировала размерная группа длиной 11-13 см, годовики 2018 г. нереста (7,3 %). У взрослого минтая модальную группу составляли рыбы длиной 53-60 см, их доля составляла 48,2 %. Как следует из графика возрастного состава (рис. 3Б), в основном это 9-10-годовалые рыбы нереста 2009-2010 гг. (45,5 %). Также можно отметить значительное присутствие в уловах минтая особей 2011 г. рождения (8+) – 13,8 %. Отметим практически полное

отсутствие среднеразмерного минтая в возрасте 4-6 лет, являющегося основной тралового промысла в Беринговом море. Его доля суммарно не превышала 0,1 %.

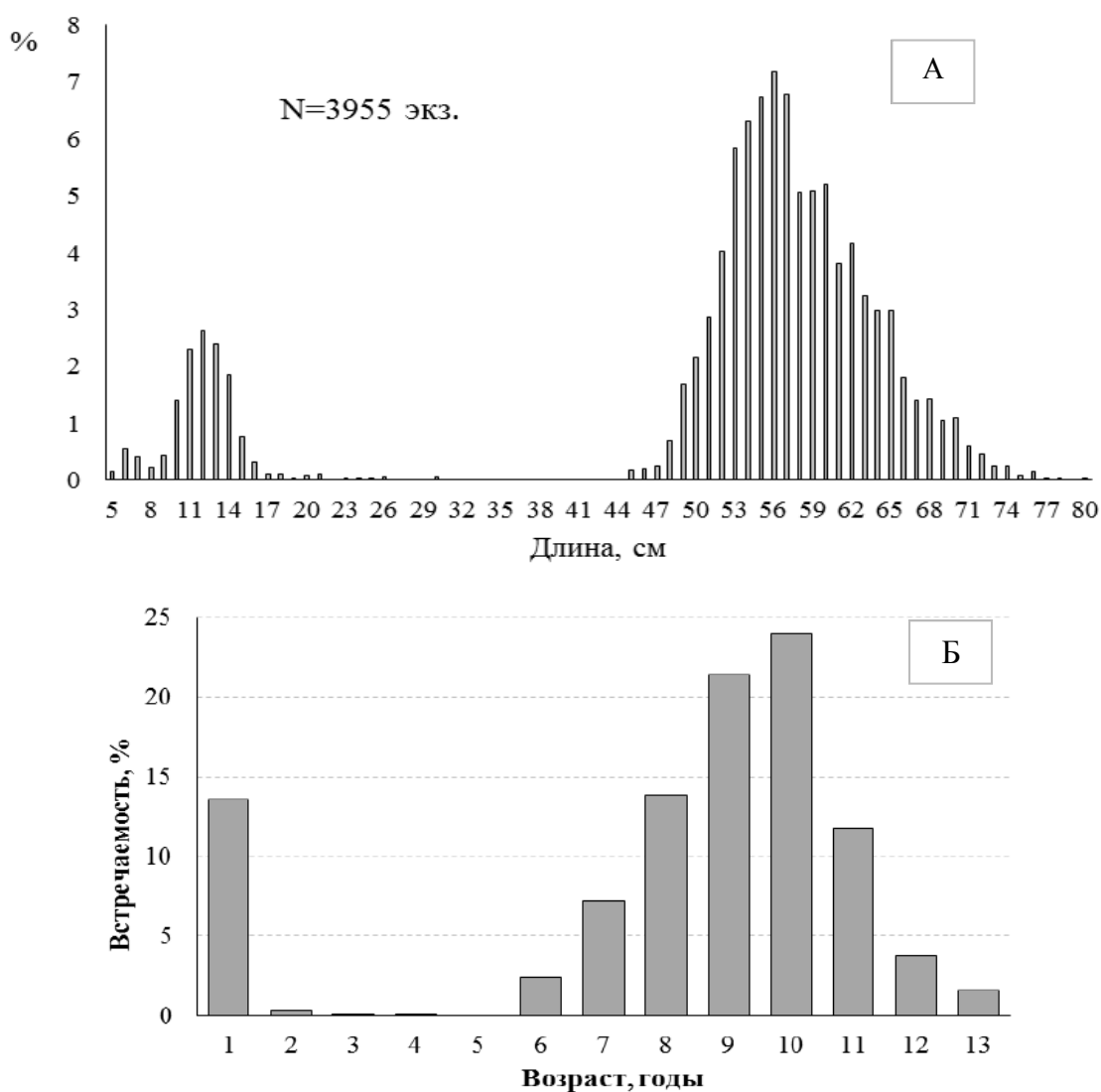


Рис. 3. Размерный (А) и возрастной (Б) составы (%) минтая в Чукотском море в августе 2019 г.

Важной характеристикой для промысла является возраст начала полового созревания минтая. Известно, что 50 %-е созревание минтая в западной части Берингова моря происходит при достижении длины тела 40-43 см [Балыкин, 1986, 2006; Балыкин, Максименко, 1990], мигрантов из восточной части Берингова моря – 30-34 см [Фадеев, 1986; Шунтов и др., 1993]. Самцы развиваются несколько раньше и примерно до длины 40 см имеют большие размеры, чем самки того же возраста. С возрастом самки, наоборот, становятся крупнее самцов, среди старших возрастных групп они преобладают, что свойственно минтаю, как в российской части Берингова

моря, так и виду в целом [Зверькова, 1980; Балыкин, Максименко, 1990; Антонов, 1991; Шунтов и др., 1993; Датский, 2004].

У минтая Чукотского моря в траловых уловах среди половозрелых рыб самки также преобладали над самцами, их соотношение было соответственно 74,5 к 25,5 %. Средние длина и масса самок (60,5 см; 1521 г) превышали средние показатели самцов (57,8 см; 1381 г). Размерный ряд у самцов отмечается двумя модальными группами 53 (11 %) и 56-57 см (22 %), у самок – 58-61 см (33,7 %) (рис. 4).

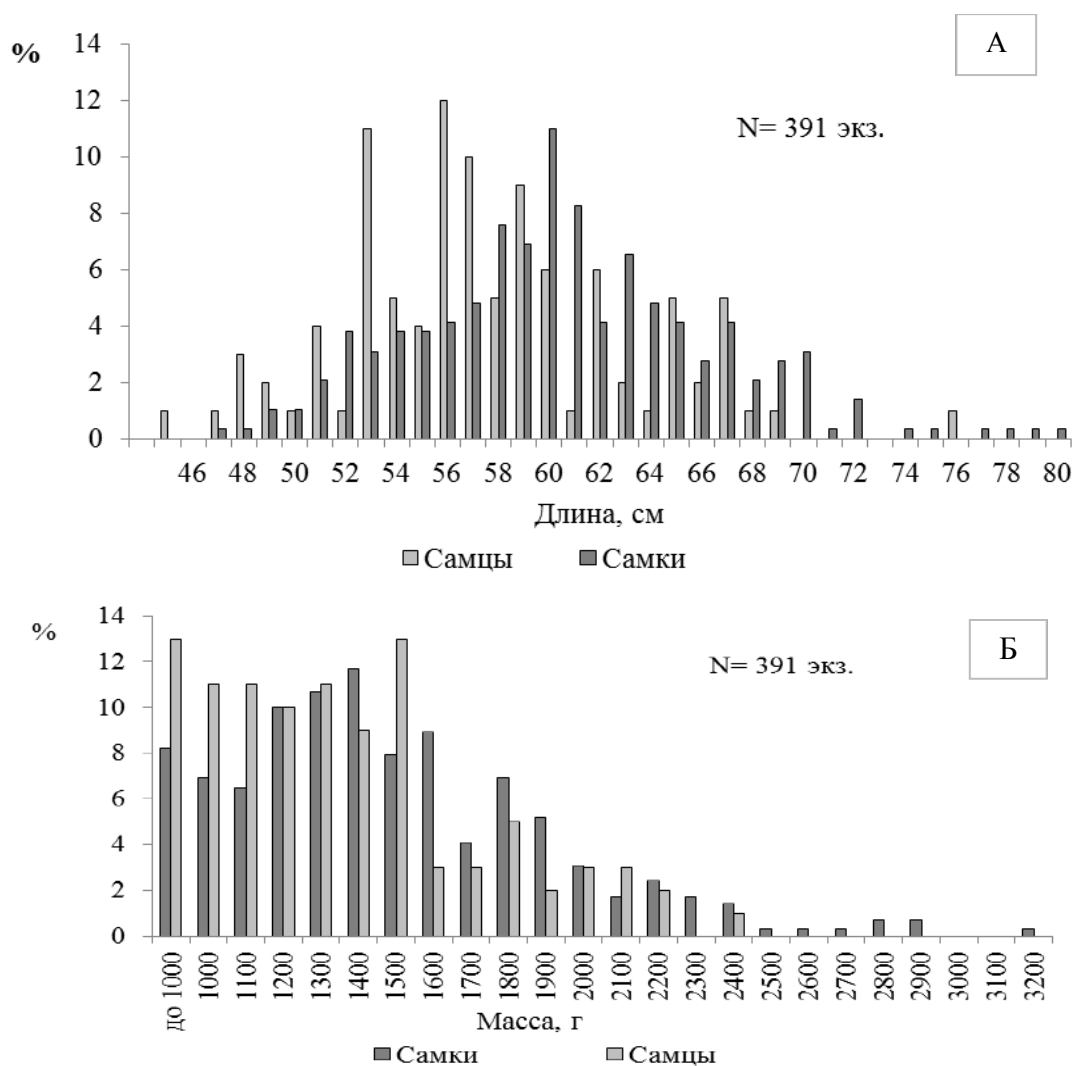


Рис. 4. Распределение (%) половозрелых самок (N=291 экз.) и самцов (N=100 экз.) минтая по размерам (А) и массе (Б) в траловых уловах в Чукотском море в августе 2019 г.

По данным донной траловой и тралово-акустической съемок 2019 г. численность и биомасса половозрелого минтая длиной более 40 см составила соответственно 547,1 млн экз. или 890 тыс. т. В то же время численность и биомасса неполовозрелого минтая длиной не превысила соответственно 389,7 млн экз. или 6,8 тыс. т.

Относительно причин массового появления минтая в Чукотском море в 2019 г. и его происхождения можно предположить, что минтай мигрировал в

эту акваторию через Берингов пролив из северной части Берингова моря. Вполне вероятно, что частично нагульные концентрации в Чукотском море формируют и рыбы, мигрирующие из северной части Анадырского залива, нерест которых был обнаружен летом 2001 г. [Датский, 2004; Датский, Андронов, 2007]. При этом если наличие пассивно переносимых мелкоразмерных рыб (сеголетки, годовики) может быть объяснимо генеральным направлением течения вод, выходящих из Берингова моря в Чукотское через Берингов пролив, то причина и сроки появления крупноразмерного старшевозрастного минтая в южной части Чукотского моря пока остается неясной.

В качестве гипотезы можно предположить, что потепление Берингова моря, наблюдающееся с 2015 г., оказало влияние на температурный фон южной части Чукотского моря, вынос зоопланктона (основных объектов питания минтая) и, как следствие, расширение ареала минтая в северном направлении.

Определение биологических ориентиров

В связи с дефицитом информационного обеспечения, определение биологических ориентиров для данной единицы запаса, в настоящее время не представляется возможным.

Обоснование правил регулирования промысла (ПРП)

Обоснование правил регулирования промысла (ПРП) не проводилось, поскольку регулярный промысел этого объекта отсутствует. Соответственно, отсутствуют и необходимые исходные данные для расчётов основных параметров ПРП.

Прогнозирование состояния запаса

В 2019 г. съёмка выполнена у дна и в пелагиали на акватории 229,2 тыс. км². Учётная промысловая биомасса минтая в сумме составила 890,0 тыс. т при численности равной 547,1 млн экз. Учётная общая биомасса рыб составила 896,8 тыс. т при численности равной 936,8 млн экз.

Для оценки ОДУ минтая Чукотского моря использованы данные по возрастному составу запаса и оценка общей биомассы запаса минтая в Чукотском море (896,8 тыс. т), полученные по результатам съёмки, проведенных НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.

Для пересчета численности по возрастным группам использованы данные по средней массе по возрастным группам наваринского запаса минтая за 2019 г.

В прогнозных расчетах использовались также следующие параметры, оцененные для наваринского запаса минтая: оценки естественной смертности по возрастным группам, а также оценки относительной селективности промысла по возрастным группам. Таким образом, дефицит данных для впервые наблюдаемого запаса минтая Чукотского моря восполнен оценками, полученными для наваринского запаса как наиболее географически близкого.

В качестве рекомендованной величины промысловой смертности взята величина, равная половине оценки промысловой смертности, соответствующей предосторожному подходу, оцененной для наваринского запаса: 0,12. Столь щадящий выбор сделан по причине крайне низкой изученности запаса минтая Чукотского моря. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценки численности (N), биомассы (B) запаса и общего допустимого улова (C) минтая Чукотского моря

Возраст, лет	2019 г.			2020 г.			
	N, млн экз.	B, тыс. т	C, тыс. т	N, млн экз.	B, тыс. т	C, млн экз.	C, тыс. т
1	131,65	10,74	0	131,65	3,95	0	0,00
2	3,19	0,38	0	72,25	8,60	0,45	0,05
3	0,37	0,09	0	2,08	0,51	0,11	0,03
4	0,49	0,19	0	0,26	0,10	0,02	0,01
5	0,00	0,00	0	0,35	0,19	0,04	0,02
6	23,70	15,22	0	0,00	0,00	0	0,00
7	69,79	55,14	0	17,20	13,58	2,13	1,69
8	134,20	116,89	0	50,63	44,10	7,60	6,62
9 и старше	573,41	698,15	0	533,07	613,03	79,76	91,72
Всего:	936,80	896,80	0	807,49	684,06	90,11	100,14

Обоснование рекомендуемого объёма ОДУ

За основу расчётов принято прогнозируемое значение промысловой биомассы минтая, составившее в 2020 г. 684,06 тыс. т (табл. 1). При весьма щадящей промысловой нагрузке, равной половине предосторожного уровня, оцененного для наваринского запаса, ОДУ для минтая Чукотского моря может составить 100,1 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ минтая в Чукотском море в 2020 г. составит 100,1 тыс. т.**

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Воздействие промысла на окружающую среду выражается, прежде всего, в изъятии из естественной среды обитания водных биологических ресурсов, в данном случае, минтая в российских водах Чукотского моря.

Вылов минтая в пределах рекомендованного ОДУ с соблюдением Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна не будет оказывать негативного воздействия на окружающую среду и ресурсы минтая в Чукотском море.

Минтай (*Theragra chalcogramma*)

67.01 - Зона Чукотская,

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская (к востоку от 174° в.д.)

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

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 29.10.2019 г. № 610 «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов... на 2020 г.» величины ОДУ минтая в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах утверждены в объеме 309,1 тыс. т (307,9 тыс. т к востоку от 174° в.д.; 1,2 тыс. т в качестве прилова – к западу от 174° в.д.) и 4,2 тыс. т соответственно. При этом допустимо перераспределение объемов вылова между зонами без превышения суммарной величины ОДУ (313,3 тыс. т).

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния ресурсов минтая в Западно-Беринговоморской (к востоку от 174° в.д.) и Чукотской зонах на 2020 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

- результаты научно-исследовательских съемок, выполненных в 2018 г. «ТИНРО» в северо-западной части Берингова моря на НИС «Профессор Леванидов», Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований США (AFSC, NOAA) по координированной с «ТИНРО» программе в восточной и северо-западной части моря на НИС «Оскар Дайсон», «Аляска Найт» и «Вестерлааен»; НИС «Бухоро» в 2017 г.; НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов» в 2015 г.;

- данные, собранные научными наблюдателями на промысловых судах в летне-осенний период 2017-2019 гг.;

- сведения о вылове, структуре промысла, распределении флота в течение путины 2018-2019 гг. (по данным Восточного регионального центра ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» на основании ИС «Рыболовство» и по данным ССД);

- архивные материалы за период 1970-2017 гг., отечественные и зарубежные литературные сведения.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Для оценки состояния ресурсов минтая в Западно-Беринговоморской зоне (к востоку от 174° в.д.) и Чукотской зоне Берингова моря традиционно используются как методы прямого учета (тралово-акустические и донные траловые съемки), так и методы, основанные на данных промысловой статистики (модели биологических процессов, такие как статистические когортные).

Первый уровень информационного обеспечения позволяет использовать модели биологических процессов, структурированные по возрасту, а Приказ Росрыболовства от 6 февраля 2016 г. № 104 обязывает подведомственные институты это делать. Самыми продвинутыми из таких моделей пока остаются статистические когортные, которые в отличие от моделей виртуальной популяции (Virtual Population Analysis – VPA) менее чувствительны к ошибкам в определении возраста старших групп рыб, т.к. настройка идёт имитацией роста и убыли с самых младших возрастов, которые и встречаются чаще, в т.ч. в научных съёмках, и разделяются по возрасту лучше, чем старшие рыбы. Более того, максимальный наблюдаемый возраст минтая в уловах – 10 лет, а живёт он до 28 лет [Munk, 2001]. Таким образом, применение методов типа VPA, в которых расчеты ведутся по поколениям от старшей возрастной группы к младшей [Бабаян и др., 2018], нельзя считать обоснованным.

Оценку запаса минтая уже проводили с использованием статистических когортных моделей – «Synthesis», чье русское название – «Синтез» [Бабаян и др., 2018], а также Triple Instantaneous VPA – TISVPA [Васильев, 2006, 2015]. Модель «Синтез» использовалась для оценки ОДУ минтая в Дальневосточных морях [Ильин и др., 2014], включая Западно-Берингоморскую зону, до TISVPA, которая использовалась в последних обоснованиях ОДУ. «Синтез» также рекомендована для данного запаса в одном ряду с моделями-аналогами, прошедшими «апробацию в международных организациях по рыболовству и профильных ведомствах развитых стран» [Бабаян и др., 2018]. К последним относится модель SAM [Nielsen, Berg, 2014], пришедшая на смену устаревшим методам (типа VPA) и современным статистическим когортным, таким как TISVPA в Международном совете по исследованию моря (ИКЕС), в том числе при оценке запасов тресковых рыб. В дополнение к множеству других международных организаций по рыболовству, где SAM использовалась для оценки 368 запасов, из которых 15 доступны для проверки любым желающим (<https://www.stockassessment.org/>), SAM апробирована в Комиссии по рыболовству в северной части Тихого океана и принята среди прочих для оценки запаса восточной скумбрии [NPFC, 2019].

Возрастные коэффициенты селективной промысловой смертности (рис. 5) в модели «Синтез» оценивались логистической функцией (Формула 1) по двум периодам: до 2001 г. и после. Оптимизация максимального правдоподобия в программе для настройки когортной модели «Синтез» включала параметры селективности:

$$S = \frac{1}{1 + e^{-\alpha t - \beta}}, \quad (1)$$

где α , β — искомые коэффициенты модели, t — возраст.

Оценки селективности по молодым группам минтая (до трёх лет) до 2001 г. выходят за пределы 90% доверительного интервала таковых после 2001 г., а также за пределы диапазона имитированных кривых селективности до 4 лет при допуске 10 кратной ошибки в найденных параметрах (рис. 5).

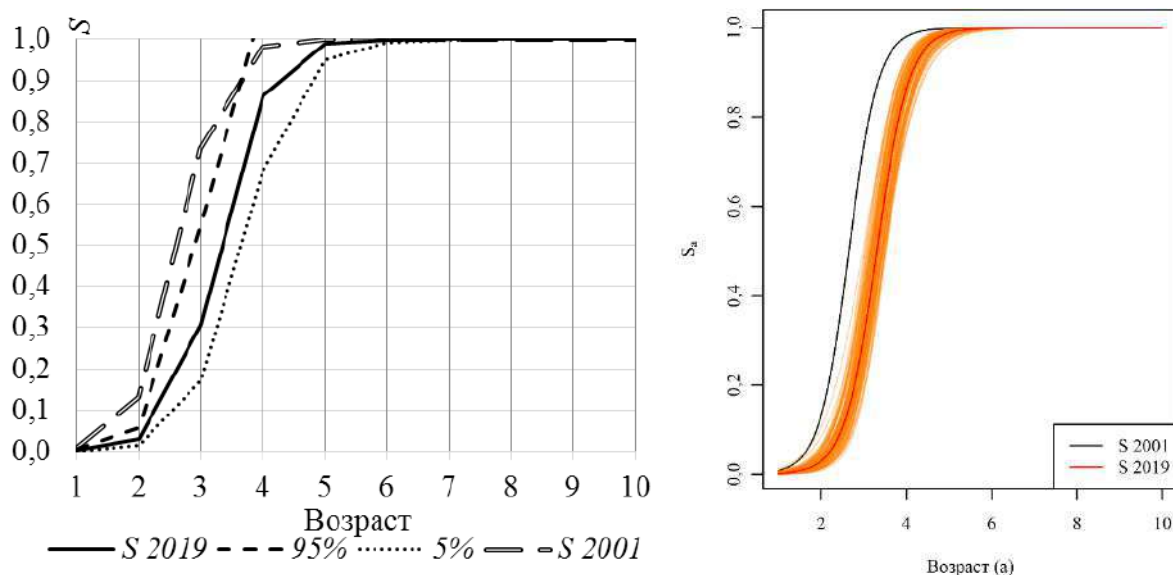


Рис. 5. Коэффициенты селективной промысловой смертности для возрастных групп в виде перцентилей распределения S (5% ... 95%) после 1000 перевыборок, а также оценка максимальным правдоподобием на не зашумлённом наборе S 2019 на период после 2001 г. и S 2001 до 2001 г.

Мгновенные коэффициенты естественной смертности (M) по возрастным группам минтая заданы как в Аляскинском центре рыбохозяйственных наук (Alaska Fisheries Science Center – AFSC): для 1 года – 0,9, для 2 года – 0,45, а для всех остальных – 0,3 [Janelli et al., 2019]. Доля зрелых рыб и средние веса по возрасту и году взяты из литературных источников [Буслов, 2005] и из отчетов научных наблюдателей, осуществляющих мониторинг промысла минтая в северо-западной части Берингова моря. Численности по возрасту минтая с 1 по 10 год, а также оценки биомасс по съёмкам предоставлены лабораторией минтая и сельди «ТИНРО» (см. подраздел «Анализ доступного информационного обеспечения»).

Модель SAM настроена на идентичном наборе данных, но она также как и TISVPA оценивает селективность для каждого года отдельно и нормирует их сумму по году к единице (рис. 6).

Деление селективности по 2 периодам объективно необходимо, т.к. после введения требований к траловому промыслу о селективной вставке в 2001 г. улавливаемость младших возрастных групп минтая пошла вниз, а по крупным рыбам выросла, что в SAM наглядно видно, включая группировку по периодам (рис. 7).

Однозначный выбор в пользу «Синтез» или SAM сделать сложно, т.к. при всей своей простоте «Синтез» в отличие от SAM и TISVPA не оценивает селективность для каждого года отдельно. Поэтому далее мы рассмотрели обе модели.

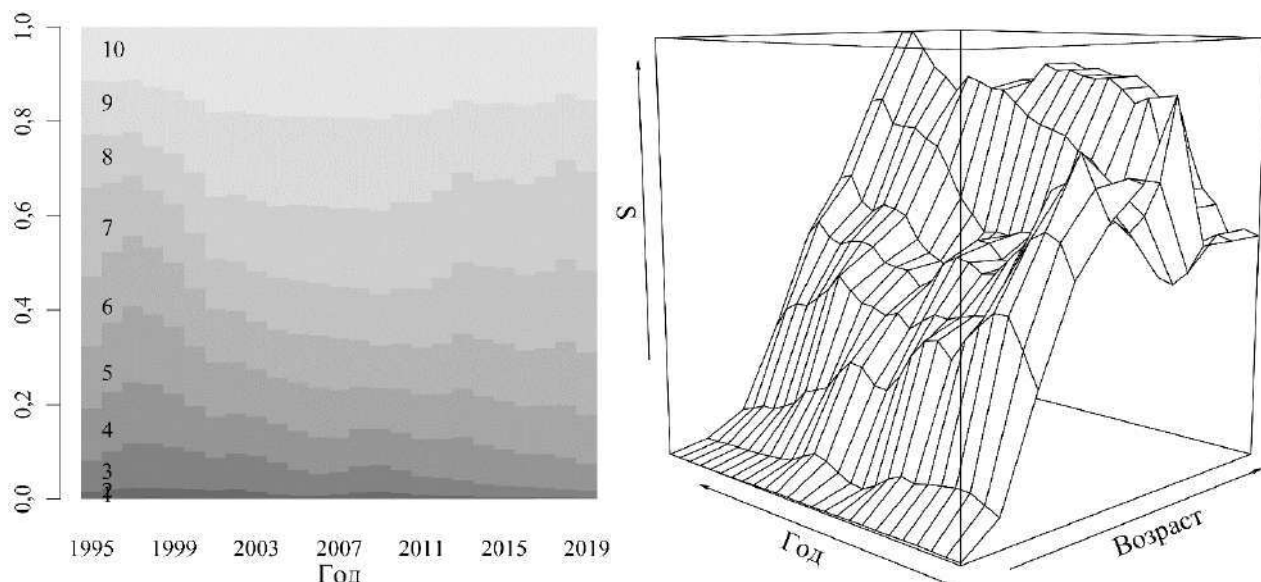


Рис. 6. Коэффициенты селективной промысловой смертности для возрастных групп минтая, рассчитанные в SAM

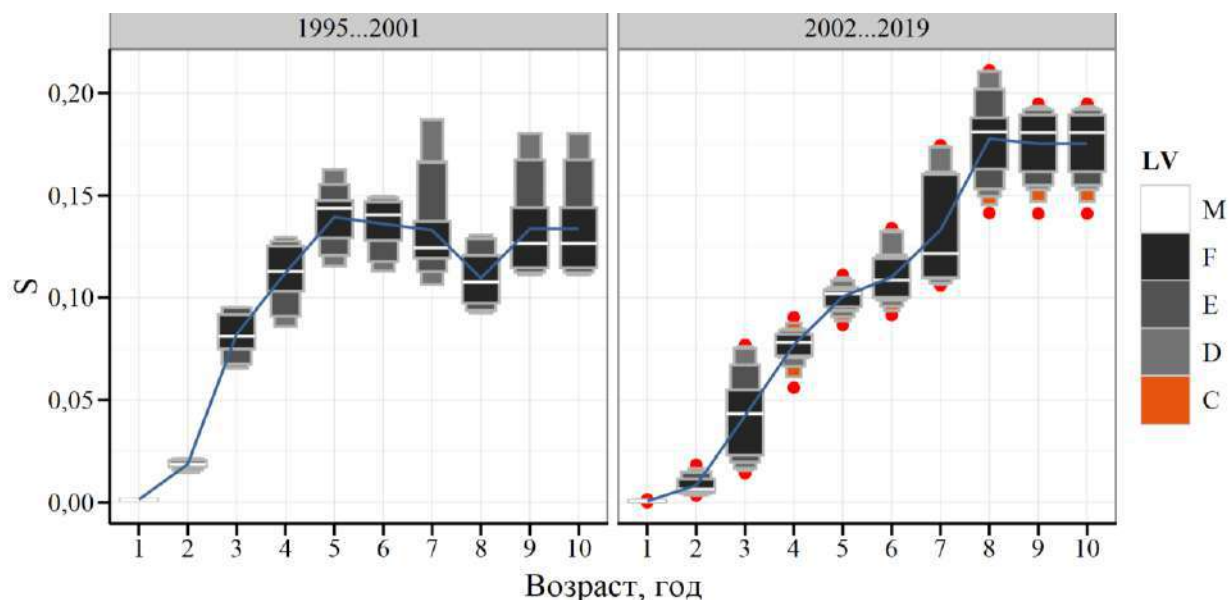


Рис. 7. Распределение коэффициентов селективной промысловой смертности для возрастных групп минтая, рассчитанных в SAM, по буквенно-цифровым (LV) перцентилям (M – медиана и т.д. [McGill et al., 1978] при группировке по периодам до 2001 г. и после, а также их средние значения, соединённые кривой линией

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Анализ промысла Северо-западная часть Берингова моря (к востоку от 174° в.д. до линии разграничения морских пространств России – США, или Наваринский район) в настоящее время, как и ранее, является вторым по значимости районом промысла минтая в ИЭЗ России: в 1985-1992 гг. здесь добывалось от 178 до 852 тыс. т (в среднем 514 тыс. т или 16,8 % суммарного вылова минтая в Беринговом море). В конце 1990-х годов объем вылова превысил 30 % суммарного по морю. В этом районе до 1990 г. круглогодичный промысел велся без ограничений по объемам вылова и

размерному составу уловов; величина вылова полностью определялась интенсивностью лова (рис. 8).

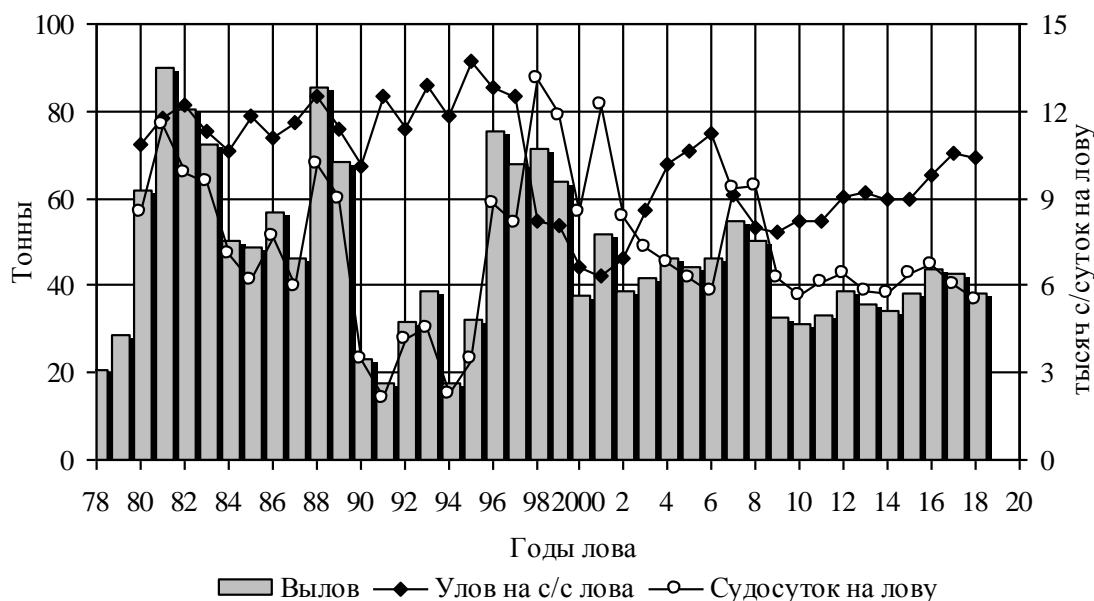


Рис. 8. Вылов минтая в Наваринском районе ($\times 104$ т), расчетное количество судосуток на лову и улов на судосутки лова в 1978-2018 гг.

Примечание: До 1998 г. уловы даны только для района к востоку от 176° в.д. С 1998 г. уловы даны по всей Западно-Беринговоморской зоне, включая СТФ и иностранный вылов. Количество судосуток рассчитано по уловам на усилие КТФ и суммарному вылову

В последующие годы промысел минтая в этом районе стал регулируемым; величина ежегодного вылова определяется состоянием его ресурсов. До 2002 г. суда, занятые на промысле минтая в Западно-Беринговоморской зоне, дислоцировались на акватории от м. Олюторский до разделительной линии России – США. В годы временного запрета промысла (2002-2006 гг.) в Западно-Беринговоморской зоне на участке к западу от 174° в.д. специализированный промысел минтая велся только в Наваринском районе. С 2007 г., вплоть до введения в 2016 г. запрета на специализированный промысел к западу от 174° в.д. в течение всего года, рыбодобывающий флот вел промысел на всей акватории Западно-Беринговоморской зоны; однако большая часть судов в течение путины работала к востоку от 174° в.д. В 2016 г. проведена корректировка Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, в соответствии с которой промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне (к западу от 174° в.д.) запрещен в течение всего года. В настоящее время согласно п. 28.1 «Правил рыболовства...» специализированный промысел минтая ведется исключительно на акватории к востоку от 174° в.д.

В настоящее время в российской части Берингова моря определение допустимого улова производится отдельно для двух районов, соответствующих двум единицам запаса – восточно-беринговоморскому и

западно-беринговоморскому: в северо-западной части (район к востоку от 174° в.д. до разделительной линии) и в западной части (Олюторский, Карагинский заливы и прилегающие воды у корякского побережья до 174° в.д.).

В летний период минтай в незначительном количестве распространяется и в Чукотскую зону (67.01). В Чукотской зоне ОДУ минтая начали устанавливать с 2008 г., а до этого вылавливали в очень небольшом объеме, в основном, в качестве прилова. Так, в 2005 г. общий вылов составил всего 1 т, а в 2007 г. – 857 т. В 2008 г. вылов увеличился до 2,6 тыс. т. Однако уже в следующем году было выловлено всего 5 т минтая. В 2010–2013 гг. вылов был примерно на одном уровне и в среднем составлял около 4,2 тыс. т (при среднем освоении ОДУ в 70 %). В 2013 г. ОДУ минтая в этой зоне составлял 5,6 тыс. т, вылов около 4,4 тыс. т (78,1 % ОДУ); в 2014 г. ОДУ – 5,3 тыс. т, вылов – 3,4 тыс. т (64,2 %); в 2015 г. ОДУ – 5,5 тыс. т, вылов – 2,13 тыс. т (38,8 %); в 2016 г. ОДУ – 6,2 тыс. т, вылов – 5,506 тыс. т (88,7 %); в 2017 г. ОДУ – 6,5 тыс. т, вылов – 4,84 тыс. т (74,5 %), в 2018 г. ОДУ – 5,4 тыс. т, вылов – 4,54 тыс. т (84,0 %). Причина недоосвоения ОДУ – незначительное распространение минтая в Чукотскую зону в летний период (особенно в 2014–2015 гг.) из Западно-Беринговоморской зоны.

Одна из основных причин значительной межгодовой изменчивости уловов минтая в северо-западной части Берингова моря связана с тем, что промысел минтая здесь базируется на рыбе, мигрирующей в этот район в нагульный период, главным образом, из восточной части моря, поэтому результативность промысла зависит от масштаба распространения рыбы из восточно-беринговоморских районов в летне-осенний период.

Большое влияние на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части моря в летне-осенний период оказывают океанологические условия, состояние планктонного сообщества, распределение зоопланктона в Беринговом море, прежде всего, основных, предпочтительных объектов питания минтая – эвфаузиид и копепод. В 2012–2018 гг. отмечалась устойчивая тенденция снижения численности зоопланктона крупной фракции в Беринговом море, в том числе в зоне России. Температурный фактор в эти годы не препятствовал распространению минтая в российские воды.

В Западно-Беринговоморской зоне (к востоку от 174° в.д.) на протяжении последних лет величина ОДУ существенно изменялась (табл. 2). Максимум (542,4 тыс. т) вылова был рекомендован в 2007 г., после чего он уменьшался в связи со снижением запасов (табл. 2). В 2013–2014 гг. ОДУ составлял соответственно 398,7 и 398,3 тыс. т. В 2015 г. ОДУ в этом районе увеличен до 435,5 тыс. т, в 2016 г. – до 455,8 тыс. т, в 2017 г. – до 475,5 тыс. т в связи с вступлением в промысловую часть популяции нескольких средних по численности и многочисленных поколений. В 2018 г. ОДУ снижен до 392,8 тыс. т из-за выбывания многочисленного поколения 2012 г. На 2019 г. ОДУ несущественно увеличен (на 7 тыс. т) и составляет 399,8 тыс. т (табл. 2).

ОДУ, вылов и освоение минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2003-2019 гг. по данным ИС «Рыболовство»

Год	Западнее 174° в.д.			Восточнее 174° в.д.			Суммарно по зоне		
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2003	5,0	3,815	76,3	420	415,303	98,9	425	419,118	98,6
2004	3,7	4,920	133,0	416,3	422,356	101,5	420	427,276	101,7
2005	4,7	6,192	131,7	447,8	444,531	99,3	452,5	450,723	99,6
2006	4,7	21,122	449,4	462,3	442,204	95,7	467	463,326	99,2
2007	77,0	119,154	154,7	542,4	448,719	82,7	619,4	567,873	91,7
2008	70,1	53,221	75,9	485,6	449,713	92,6	555,7	502,934	90,5
2009	38,0	95,176	250,5	390	228,341	58,5	428	323,517	75,6
2010	27,4	38,529	140,6	310,7	273,025	87,9	338,1	311,554	92,1
2011	21,7	50,144	231,1	331,9	282,724	85,2	353,6	332,868	94,1
2012	21,0	46,442	221,2	389,8	339,127	87,0	410,8	385,569	93,9
2013	13,0	48,482	372,9	380,1	310,410	81,7	393,1	358,892	91,3
2014	-	52,900	-	393,0	277,717	70,7	393,0	330,617	84,1
2015	-	79,600	-	430,0	304,231	70,8	430,0	383,831	89,3
2016	-	7,278	-	455,8	431,480	94,7	455,8	438,758	96,3
2017	-	9,951	-	475,5	416,401	87,6	475,5	426,352	89,7
2018	-	9,134	-	392,8	373,671	95,1	392,8	382,805	97,5
2019	-	9,731	-	399,8	390,965	97,8	399,8	400,696	100,2

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

Сезонная динамика промысловых показателей, проанализированная по данным ежемесячных промысловых обзоров «ТИНРО», у российских крупнотоннажных судов за два десятка лет, показывает, что в отдельные годы высокие уловы на усилие в Западно-Беринговоморской зоне могут отмечаться и в зимний период (декабрь-февраль), когда минтай концентрируется в небольшом по площади районе у Наваринского каньона. В мае, когда промысел возобновляется, улов на усилие обычно небольшой. В летний период улов на усилие увеличивается и в течение основного периода промысла минтая (лето-начало осени) на севере Берингова моря (Наваринский район) находится на относительно стабильном уровне. Короткопериодная изменчивость уловов в течение летне-осеннего периода зависит от динамики сезонных миграций минтая восточно-беринговоморской популяции. Динамика вылова минтая в северо-западной части Берингова моря за последние два года показана на рисунке 9.

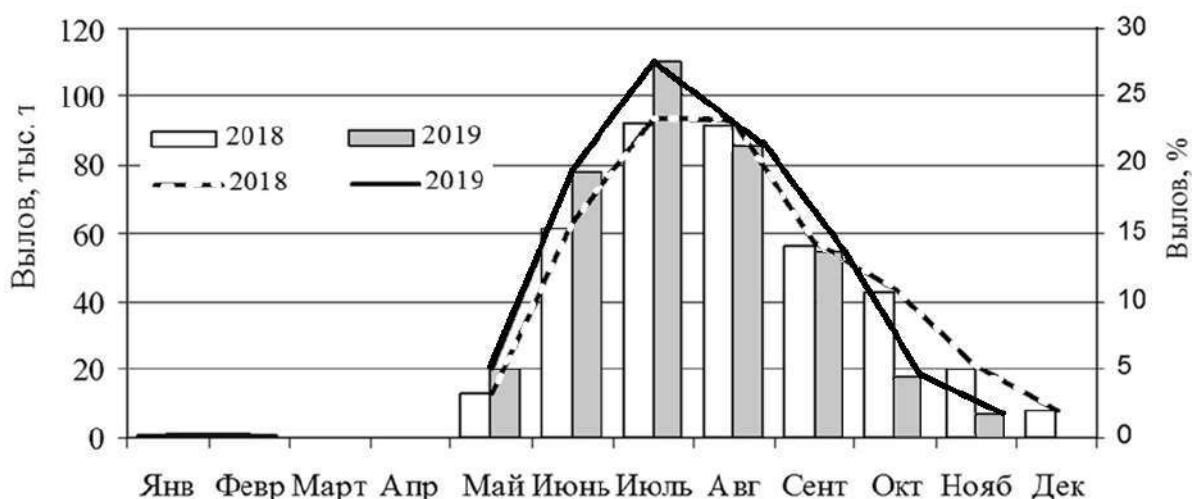


Рис. 9. Динамика вылова (гистограммы, тыс.т) и темп освоения ОДУ (графики, %) минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2018 и 2019 гг.

Анализ динамики сезонного вылова минтая судами крупнотоннажного флота (КТФ) свидетельствует, что в условиях, близких к среднемуголетним, максимум вылова приходится, как правило, на вторую половину лета – первую половину осени, что обеспечивается максимальным распространением минтая в Наваринский район в этот период и, соответственно, наибольшей интенсивностью работы промыслового флота. Однако в последние годы динамика вылова имеет несколько другой характер. Максимум вылова приходился на середину летнего периода, что связано с ранним подходом восточноберинговоморского минтая, а также относительно ранней его обратной миграцией минтая в юго-восточном направлении на прилегающий шельф восточной части Берингова моря (рис. 10).

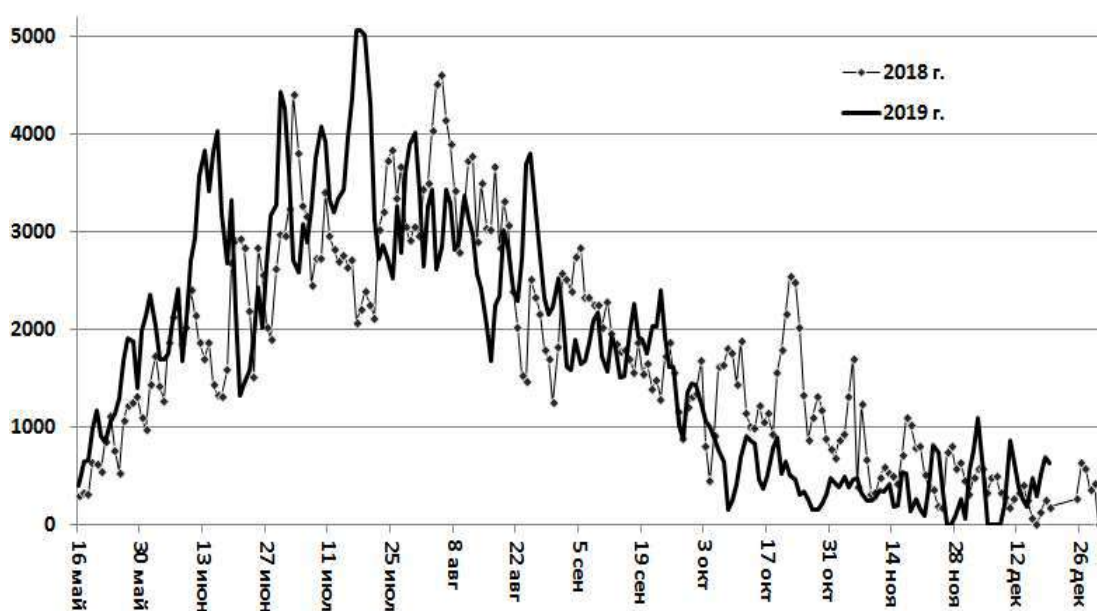


Рис. 10. Сравнительная динамика вылова минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2018-2019 гг.

Отметим, что в летний период 2019 г. наблюдалась более интенсивная миграция минтая в Наваринский район. По состоянию на 23 сентября 2019 г. нарастающий с начала года вылов минтая в Западно-Беринговоморской зоне (к востоку от 174° в.д.) составил 338,6 тыс. т (освоение ОДУ 84,7 %), что на 34,7 тыс. т больше чем эту дату 2018 г. (303,9 тыс. т, освоение ОДУ 77,4 %). Средний суточный вылов при специализированном промысле минтая также был выше (в 2019 г. – 2,6 тыс. т, а в 2018 г. – 2,2 тыс. т).

По многолетним данным, в Западно-Беринговоморской зоне основу уловов составляет минтай в возрасте (2+)-(5+) лет, на долю которого может приходиться до 80-90 % по численности. Тем не менее, существует межгодовая изменчивость размерно-возрастного состава минтая, варьирующая в зависимости от численности поколений и масштаба распространения рыбы из прилегающих районов. Так, в 2010-2011 гг. основу уловов составляли рыбы поколений 2006-2007 гг. В 2012 г. указанные поколения еще составляли значимую долю в промысловых уловах, однако на первое место по частоте встречаемости вышли поколения 2008 и 2009 гг. В 2013-2016 гг. основу промысловых уловов составляли поколения 2009-2012 гг., в 2017 г. – поколения 2012-2014 гг.

В 2018 и 2019 гг. по данным научных наблюдателей «ТИНРО» основу промысловых уловов в Западно-Беринговоморской зоне составляли поколения 2013-2014 гг. (рис. 11, 12).

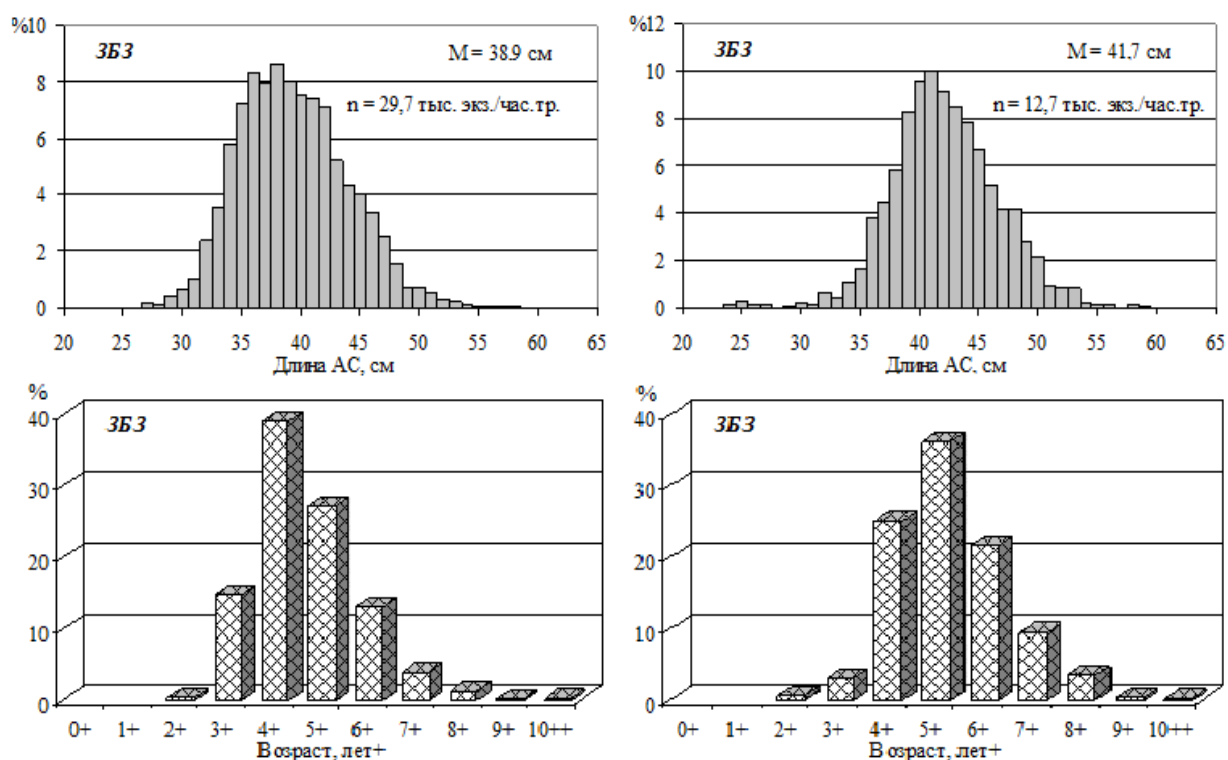


Рис. 11. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в Западно-Беринговоморской зоне в июне (слева) и июле (справа) 2018 г.

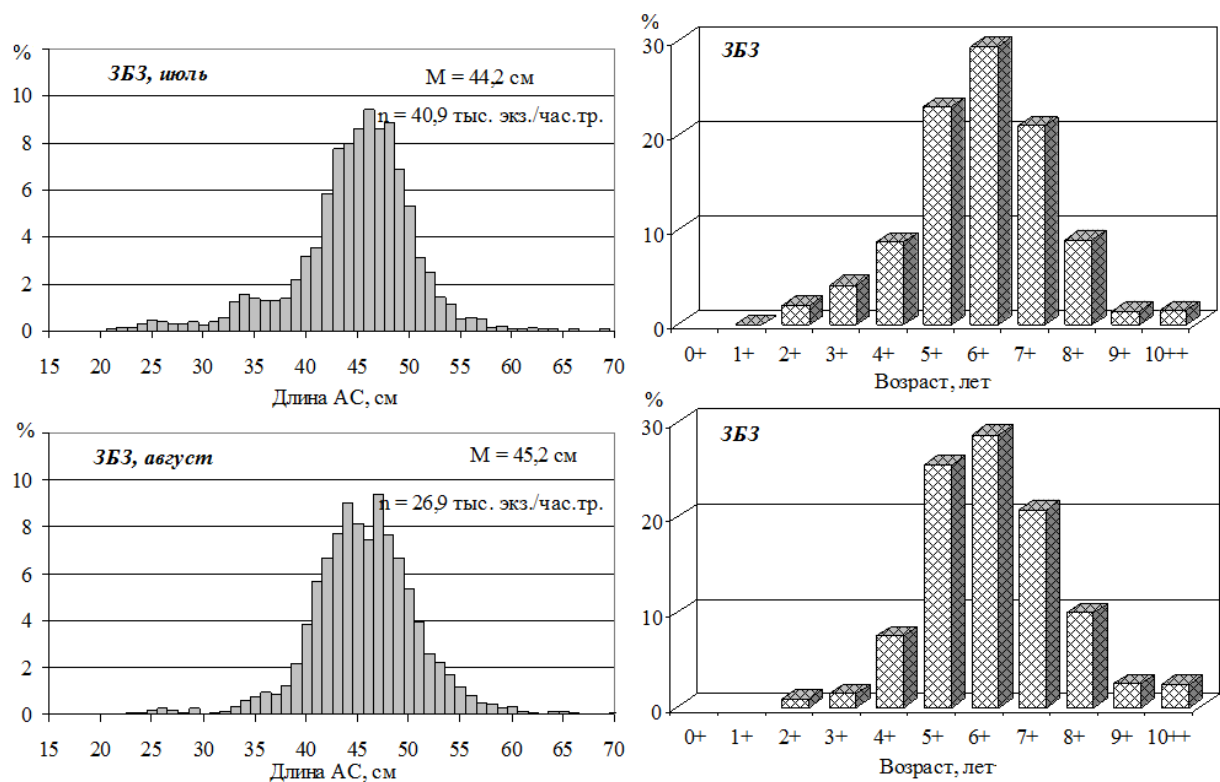


Рис. 12. Размерно-возрастной состав минтая в Западно-Беринговоморской зоне в июле-августе 2019 г.

Состояние запаса

Методы прямого учета Ресурсы минтая в Беринговом море с разной степенью регулярности оцениваются по результатам тралово-акустических и донных траловых съемок «ТИНРО», «ВНИРО» (северо-западная часть моря) и Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований с участием специалистов «ТИНРО» (восточная и северо-западная части моря).

По данным совместной с Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований тралово-акустической съемки в 2014 г. численность минтая в пелагиали в восточной и северо-западной части Берингова моря, оценена в 17,3 млрд экз., биомасса – в 3,60 млн т. Численность минтая, по данным донной траловой съемки, в восточной части Берингова моря в 2014 г. оценена в 11,8 млрд экз., биомасса – в 7,42 млн т. Рост биомассы по данным донной съемки составил 62,3 %. В придонном слое преобладали поколения 2006-2009 гг., они составляли 75,9 % общей численности. Общая биомасса минтая в Беринговом море в 2014 г., по оценкам донной и тралово-акустической съемок, составила 10,9 млн т. Рост биомассы произошел, в основном, за счет поколений 2007-2010 гг., численности – за счет пополнения 2012-2013 гг.

Биомасса минтая в северо-западной части Берингова моря (смежные воды России и США) в осенний период 2014 г., по данным координированной тралово-акустической съемки НИС «ТИНРО», составила 479,6 тыс. т (в 2012 г. – 618,8 тыс. т, в 2013 г. – 634,3 тыс. т). Таким образом, результаты всех проведенных в 2014 г. в Беринговом море учетных съемок

показали, что биомасса минтая находится на уровне выше среднего – 11,1 млн т.

В 2015 г. по данным тралово-акустических и донных траловых съемок, проведенных в Беринговом море в летне-осенний период, численность и биомасса восточно-берингоморского минтая находились на уровне выше среднего за счет многочисленных поколений 2008 и 2012 гг. и средних по численности поколений 2009-2011 и 2013-2014 гг.

В зоне России в 2015 г. биомасса минтая, по данным тралово-акустической съемки, оценена в 396,98 тыс. т, численность в 2,28 млрд экз., по данным донной траловой съемки, биомасса минтая составила 1,07 млн т, численность 2,19 млрд экз. В этом регионе в пелагиали среди младшевозрастной рыбы преобладал минтай поколения 2010-2013 гг., в придонном слое – младшевозрастные поколения 2012-2014 гг.

Численность и биомасса минтая в придонном слое в восточной части Берингова моря в последние годы увеличивались вплоть до 2014 г. В 2015 г. биомасса минтая в придонном слое в восточной части моря снизилась по сравнению с 2014 г. на 13,9 % и составила 6,39 млн т, численность – на 7,6 % и составила 10,98 млрд экз. из-за выбывания наиболее многочисленного за последние годы поколения 2008 г. В придонном слое преобладали поколения 2008-2011 гг.

В 2016 г. биомасса минтая в придонном слое восточной части моря Берингова моря оценена в 4,91 млн т, на 23,1 % ниже чем в 2015 г. (6,39 млн т) и на 33,8 % чем в 2014 г. (7,42 млн т), численность – 8,53 млрд экз. (2015 г. – 10,98 млрд экз., 2014 г. – 11,81 млрд экз.). Биомасса минтая в пелагиали восточной части Берингова моря составила 4,06 млн т (в 2014 г. – 3,48 млн т), численность 10,75 млрд экз. (2014 г. – 17,10 млрд экз.). Численность минтая в 2016 г. уменьшилась на 37,12 % по сравнению с 2014 г.

Общая биомасса минтая в восточной части Берингова моря в 2016 г. (8,97 млн т) уменьшилась по сравнению с 2014 г. (10,91 млн т) на 17,79 %, численность (19,28 млрд экз.) уменьшилась относительно 2014 г. (28,9 млрд экз.) на 33,3 %.

В 2017 г. биомасса минтая в российской части Берингова моря в придонном слое увеличилась и оценена в 1,36 млн т, численность в 3,18 млрд экз. (в 2015 г. 1,07 млн т и 2,19 млрд экз.). В придонном слое преобладал минтай поколений 2012-2014 гг., численность поколений 2015-2016 гг. небольшая.

Биомасса минтая в придонном слое восточной части Берингова моря в 2017 г. составила 4,81 млн т, что на 2,1 % меньше, чем в 2016 г., численность 8,48 млрд экз., меньше на 0,6 %. Темп уменьшения биомассы и численности минтая в восточной части моря в 2017 г. замедлился. В восточной части моря по численности преобладал минтай поколений 2011-2012 гг. почти в равном соотношении. Относительно многочисленны поколения 2010 и 2013-2014 гг.

В 2018 г. биомасса минтая в восточной части Берингова моря в пелагиали по данным тралово-акустической съемки (1,8 млн т) меньше по

сравнению с 2016 г. (4,06 млн т) на 55,67 %. Численность в 2018 г. (3,9 млрд экз.) уменьшилась по сравнению с 2016 г. (10,75 млрд экз.) на 63,73 %. Значительное уменьшение биомассы и численности минтая в восточной части моря отмечено и в придонном слое. Биомасса минтая в придонном слое восточной части моря по данным донной траловой съемки в 2018 г. (3,11 млн т) уменьшилась по сравнению с 2017 г. (4,81 млн т) на 35,56 %, численность (5,97 млрд экз.) уменьшилась по сравнению с предыдущим годом (8,48 млрд экз.) на 29,5 %.

В российской части Берингова моря в 2018 г. по данным тралово-акустической съемки общая биомасса минтая в пелагиали увеличилась по сравнению с данными предыдущей аналогичной съемки в 2015 г. и оценена в 598,0 тыс. т, численность 1,191 млрд экз.

Таким образом, численность и биомасса минтая в восточной части Берингова моря уменьшилась период 2014-2018 гг. (табл. 3). На современном этапе его биомасса (по данным исследований 2018 г.) находится на среднем уровне, в промысловой части популяции преобладают средние по численности поколения 2013-2015 гг.

Таблица 3

Численность (N, млрд экз.) и биомасса минтая (B, млн т) по данным съемок в северо-западной (ИЭЗ России, зона Западно-Берингоморская к востоку от 174° в.д.) и восточной частях (ИЭЗ США) Берингова моря в 2010-2018 гг.

Год	Зона России				Зона США			
	Пелагиаль		Донная (K _y =1,0)		Пелагиаль		Донная (K _y =1,0)	
	N	B	N	B	N	B	N	B
2010	0,571	0,144	1,652	0,686	13,41	2,46	5,397	3,74
2011	1,994	0,406	-	-	-	-	4,845	3,11
2012	0,935	0,263	3,085	0,954	6,67	1,84	6,475	3,49
2013	0,436	0,129	-	-	-	-	7,707	4,58
2014	2,987	0,206	-	-	17,10	3,48	11,831	7,43
2015	3,276	0,397	3,460	1,021	-	-	10,983	6,39
2016	-	-	-	-	10,75	4,06	8,532	4,91
2017	-	-	3,379	1,368	-	-	8,483	4,81
2018	1,191	0,598	-	-	5,57	2,50	5,972	3,11

В летний период 2018 г. в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская зона) по данным тралово-акустической съемки преобладал минтай средних по численности поколений 2013 г. (21,03 %) и 2014 г. (20,04 %) почти в равном соотношении. Относительно многочисленным был и минтай поколения 2012 г. (10,34 %). Численность поколения 2017 г. по данным съемок находится на уровне выше средней.

Биомасса нерестовой группировки минтая в юго-восточной части Алеутской котловины (р-н о-ва Богослова) увеличивается в последние годы и в 2018 г. составила 663,0 тыс. т (в 2016 г. – 0,510 млн т).

Таким образом, несмотря на то, что биомасса минтая в восточной части Берингова моря в последние годы уменьшилась, масштаб его

распространения в российские воды в нагульный период увеличился; вследствие аномально теплых гидрологических условий значительно увеличилось его распространение на мелководный шельф северной части Берингова моря и Анадырского залива. В предыдущие годы этот шельф, с потенциально высокой численностью зоопланктона крупной фракции, был недоступен для минтая из-за отрицательной температуры воды. В 2016-2019 гг. температура воды в придонном слое шельфа этого района была положительной уже в первой половине лета. Наибольшее пространственное распространение минтая в российских водах Берингова моря, включая Анадырский залив, в 2016 г. отмечалось в период со второй половины июня до середины августа, в 2017 г. в июне - первой половине июля, в 2018 г. в конце июня - июле, в 2019 г. во второй половине июня - июле.

Методы, опирающиеся на моделирование биологических процессов

Ресурсы минтая в Наваринском районе интенсивно эксплуатируются, вследствие чего имеются достаточно длинные ряды данных промысловой и биологической статистики. В этих условиях применимы методы, разработанные в рамках теории рыболовства.

Оценка состояния запаса минтая этого района проводилась по модели «Синтез» [Ильин и др., 2014], алгоритм которой реализован в пакетах прикладных программ (ППП), разработанных в «КамчатНИРО» [Methods версия 3.06 и ТАС версия 1.02], и рекомендованных ВНИРО [Бабаян и др., 2018]. Указанная модель относится к числу статистических когортных с привлечением дополнительной информации. Она во многом схожа с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al, 1985, 1989], «ICA» [Patterson, 1999], «Stock Synthesis» [Richard, Methot, 1989, 1990] и др. Также оценка запаса минтая этого района была выполнена по модели SAM [Nielsen, Berg, 2014; <https://www.stockassessment.org/>].

При расчетах по этим двум моделям использовали следующие входные данные:

- матрица вылова (тыс. экз.) минтая по возрастным группам (1-10 лет) в 1995-2019 гг.;
- средний вес рыб по возрастным группам в 1995-2019 гг.;
- среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам;
- среднемноголетние мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам (МКЕС).

Возрастные коэффициенты селективной промысловой смертности оценивались логистической функцией по двум периодам: до 2001 г. и после. Оптимизация максимального правдоподобия в программе для настройки когортной модели «Синтез» включала параметры селективности:

$$S = \frac{1}{1 + e^{-\alpha t - \beta}},$$

где α , β — коэффициенты модели, t — возраст.

Оценки селективности были значительно выше у молодых групп минтая (до трёх лет) до 2001 г., чем после 2001 г. (рис. 13).

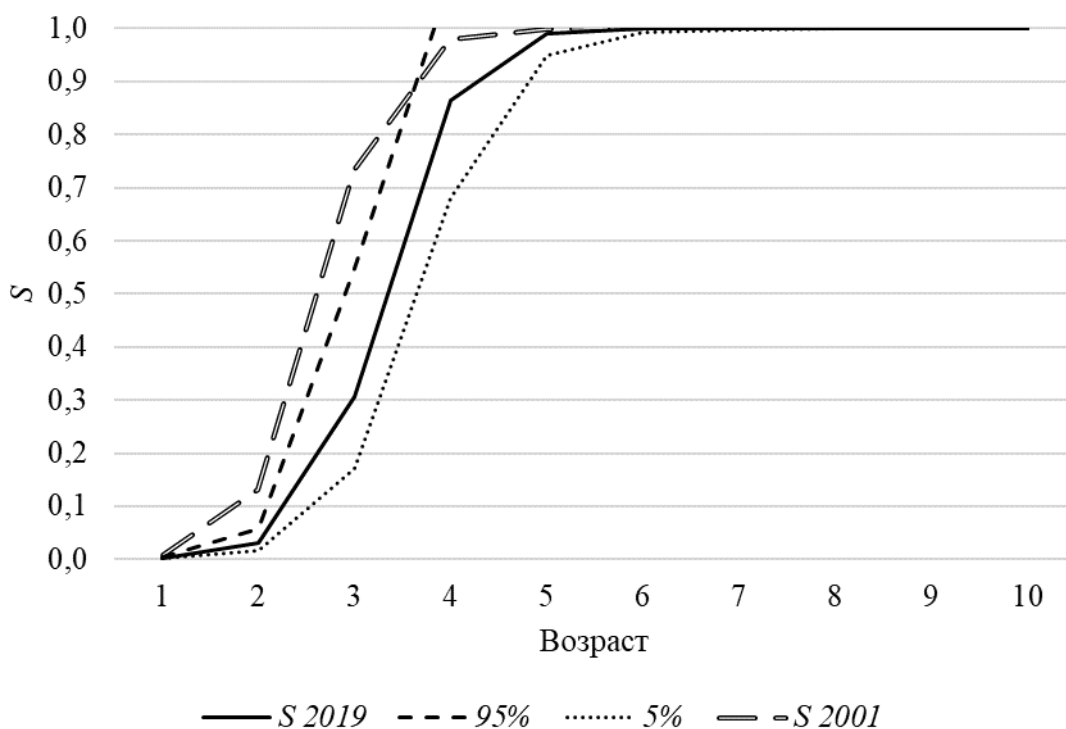


Рис. 13. Коэффициенты селективной промысловой смертности для возрастных групп минтая в виде перцентилей распределения S (5% ... 95%) после 1000 перевыборок, а также оценка максимальным правдоподобием на не зашумлённом наборе S 2019 на период после 2001 г. и S 2001 до 2001 г.

Мгновенные коэффициенты естественной смертности (M) по возрастным группам заданы как в AFSC – для 1 года – 0,9, для 2 года – 0,45, а для всех остальных – 0,3. Доля зрелых рыб и средние веса по возрасту и году тоже взяты из отчётов AFSC [Janelli et al, 2019].

В качестве настроечных данных использовали всю доступную информацию:

- оценки биомассы минтая в западной части Берингова моря, полученные по данным донных траловых и тралово-акустических съёмок;
- сведения промысловой статистики об уловах минтая в Наваринском районе на единицу промыслового усилия судами БМРТ типа «Пулковский меридиан».

В результате модельных расчетов в «Синтез» на начало 2019 г. нерестовый запас (SSB – Spawning Stock Biomass) минтая составил порядка 1,7 млн т, а общая биомасса 2,7 млн т. За последние годы SSB поднялся выше целевого ориентира – Btr и только в 2001 г. он опустился на граничный уровень – $Blim$, что не помешало затем ему восстановиться за 5 лет (рис. 14).



Рис. 14. Динамика общей (B) и нерестовой биомассы (SSB) минтая на фоне целевого (Btr) и граничного (Blim) ориентиров по биомассе в «Синтез»

Аналогичная динамика нерестовой биомассы найдена в SAM (рис. 15). Она тесно связана с таковой в «Синтез»: корреляция Пирсона ($r = 0,44$) находится в доверительном интервале от 0,06 до 0,7 ($p = 0,026$). Однако по оценкам SAM период восстановления SSB после минимума в 2001 г. затянулся до 2019 г. Вероятно, более высокие оценки SSB в период с 2002 по 2010 гг. в «Синтез» связаны с более резким изменением селективности, чем в SAM. Обе модели показывают параллельный рост SSB с 2014 г.

Динамика численности рекрутов (когорты возрастом в 1 год), найденная в «Синтез», не имеет чётко выраженной тенденции, а обладает некой цикличностью, но в SAM динамика рекрутов имеет положительную тенденцию с 2009 г. с заметным увеличением после 2015 г. (рис. 16). Между собой эти два ряда не имеют значимой корреляции. Тем не менее, обе модели достигли конвергенции: «Синтез» за 3125 из 10000, а SAM всего за 66 итераций.

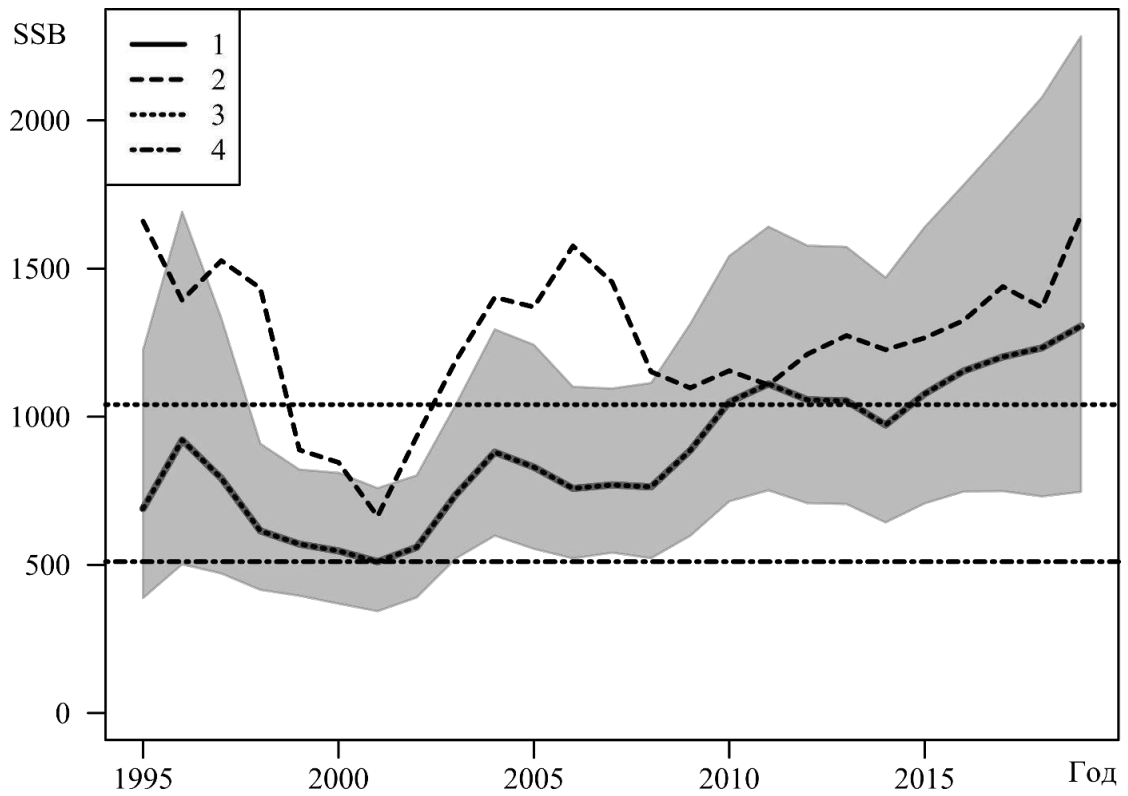


Рис. 15. Динамика SSB (тыс. т) 1 – в SAM с доверительными интервалами в серой заливке, 2 – в «Синтез», 3 – Btr в SAM и 4 – Blim в SAM

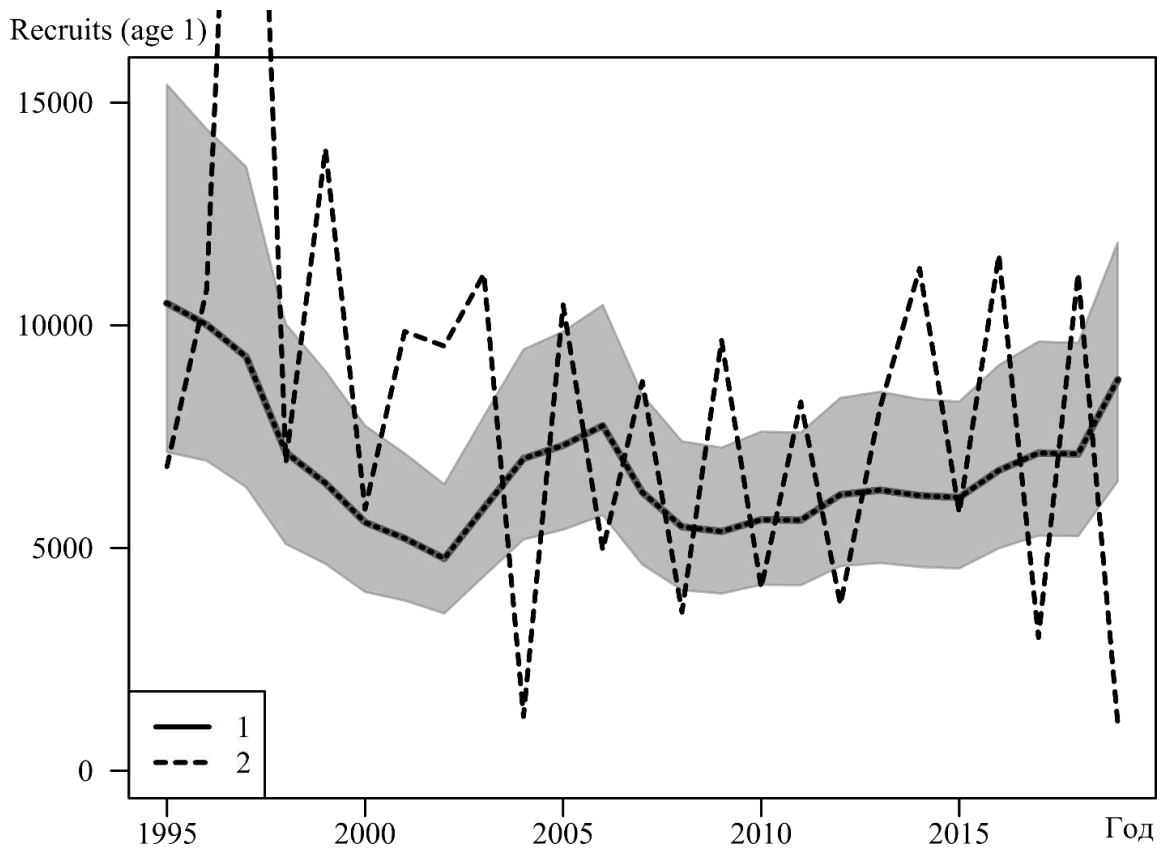


Рис. 16. Межгодовая динамика численности годовиков (млн рыб) 1 – рассчитанная в SAM с серой заливкой, показывающей её доверительный интервал, 2 – в «Синтез»

Определение биологических ориентиров

Величину F_0 приняли равной 0, чтобы не завышать кривую по F в ПРП, аналогично ИКЕС [Бабаян, 2000].

Граничный ориентир по промысловой смертности (F_{lim}) установили равным $F_{MSY} = 0,514 \text{ год}^{-1}$, найденному в «Синтез» на том же уровне, что и F_{med} .

Граничный ориентир по биомассе B_{lim} взяли аналогично предосторожному ориентиру B_{pra} в ИКЕС по наименьшей наблюдаемой SSB [Бабаян, 2000], т.е. $B_{lim} = B_{pra} = B_{loss} = 663,8$ тыс. т, найденной в «Синтез», как более предосторожную, чем в SAM, где $B_{loss} = 510,8$ тыс. т. Но в SAM в среднем SSB ниже, чем в «Синтез» на 363 тыс. т, что необходимо будет учесть в ПРП.

Целевой ориентир по промысловой смертности установили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: $F_{tr} = 0,34 \text{ год}^{-1}$, что существенно ниже, чем F_{MSY} (0,514) и F_{med} (0,514). Стоит отметить, что при допущении о возможности пополнения от внешнего нерестового запаса (прямою для F_{med} не упирать в ноль), то смещение в оценках «Синтез» «составит примерно 3,8 млрд рекрутов, а F_{med} снизится до уровня 0,199.

Целевой ориентир по SSB установили по кривым равновесного улова и SSB на рекрута (рис. 17) на уровне B_{MSY} в «Синтез», т.е. $B_{tr} = 1,024$ млн т и 1,041 млн т в SAM (рис. 18). В связи с такими различиями абсолютных значений биологических ориентиров (B_{tr} и B_{lim}) необходимо разработать 2 ПРП для каждой модели отдельно.

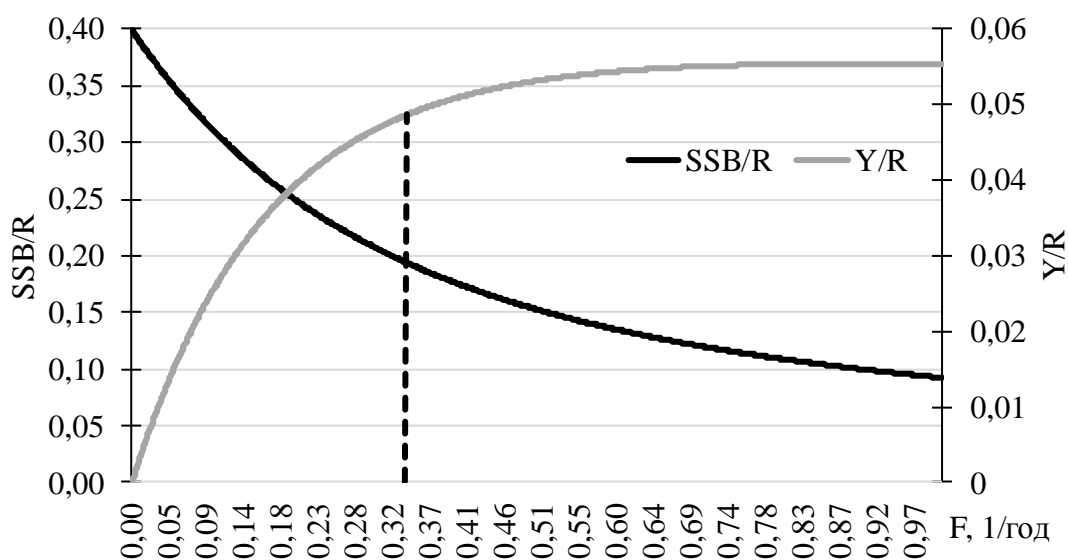


Рис. 17. Кривые равновесной SSB и равновесного улова (Y) на рекрута (R), найденные в «Синтез», пунктир показывает $F = 0,34$

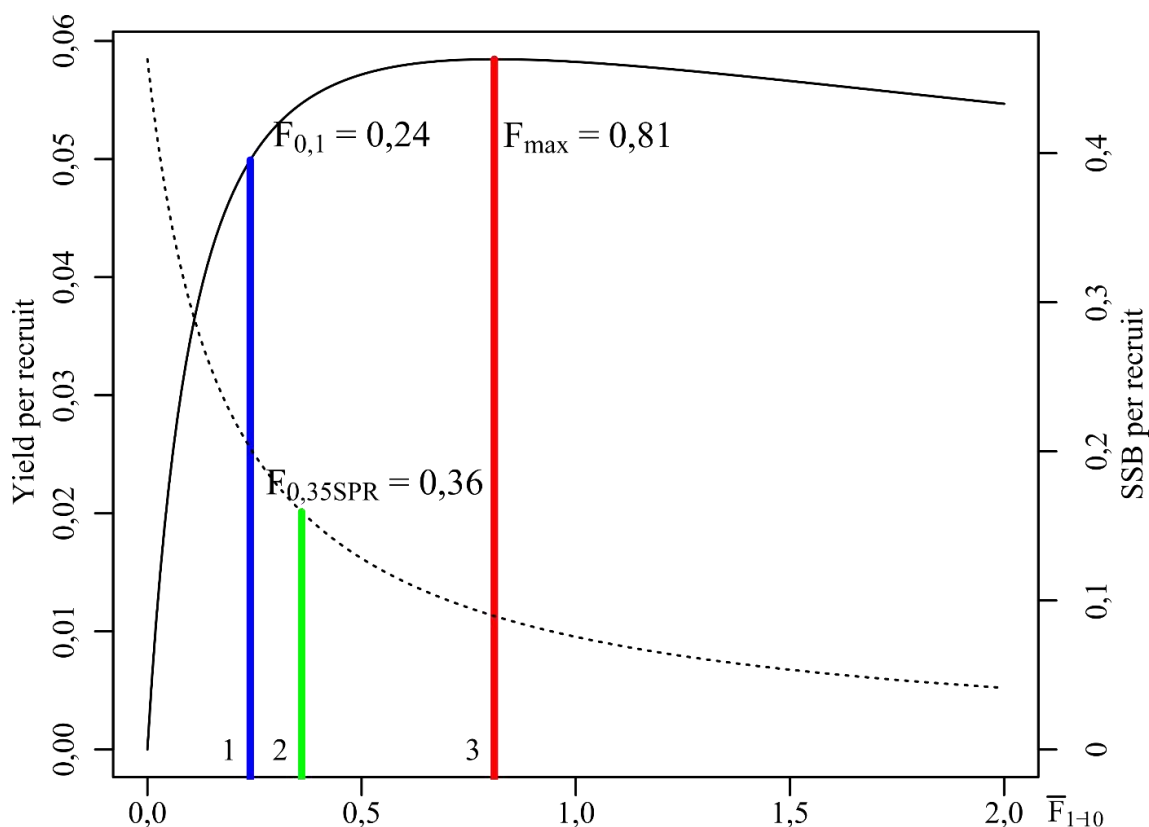


Рис. 18. Кривые равновесной SSB и равновесного улова (Yield) на рекрута (per recruit), найденные в SAM, а также ориентиры по F: 1 – $F_{0,1} = 0,24$, 2 – $F_{0,35SPR} = 0,36$, 3 – $F_{max} = 0,81$

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется целью.

Согласно оценкам в «Синтез» и SAM на начало 2019 г. нерестовый запас минтая находился выше целевого уровня B_{tr} , поэтому цель – эксплуатация восстановленного запаса на целевом уровне F_{tr} . В связи с этим ПРП будет обосновываться в результате анализа рисков эксплуатации запаса или на уровне F_{tr} в соответствующем разделе.

Таким образом, кусочно-линейное ПРП будет проходить по следующим опорным точкам (ориентирам):

$$F_0 = 0 \text{ год}^{-1},$$

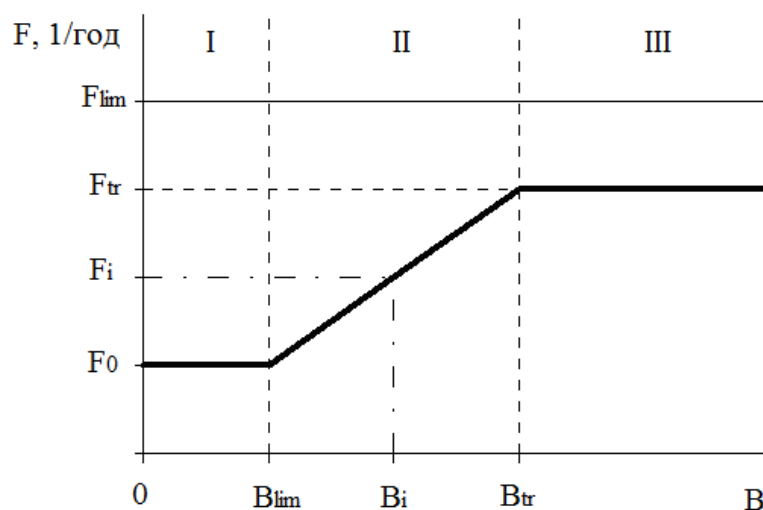
$$F_{lim} = 0,514 \text{ год}^{-1},$$

$$F_{tr} = 0,34 \text{ год}^{-1},$$

$$B_{lim} = 663,8 \text{ тыс. т в «Синтез», а в SAM } B_{lim} = 510,8 \text{ тыс. т};$$

$$B_{tr} = 1,024 \text{ млн т в «Синтез», а в SAM } B_{tr} = 1,041 \text{ млн т.}$$

Пока выбрано кусочно-линейное ПРП [Бабаян и др., 2018], т.к. запас находится выше целевого уровня по биомассе и форма кривой в зоне его восстановления роли сейчас не играет. Аналитически ПРП выражается по формулам 2-4 (рис. 19).



$$\text{I зона: } F_{rec_i} = F_0 = 0, \text{ при } B_i \leq B_{lim}, \quad (2)$$

$$\text{II зона: } F_{rec_i} = F_{tr} \frac{B_i - B_{lim}}{B_{tr} - B_{lim}}, \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr}, \quad (3)$$

$$\text{III зона: } F_{rec_i} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i \geq B_{tr}. \quad (4)$$

Рис. 19. Кусочно-линейное правило регулирования промысла (ПРП)

Прогнозирование состояния запаса

Прогон запаса вперед осуществлён с теми же значениями M , доли половозрелых рыб по возрастам, что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Значения относительной селективности промысла и массу рыб по возрастным группам в прогнозный период приняли равной средним за прошедшие 10 лет. Вылов для 2020 г. соответствует ОДУ в 393,6 тыс. т, а в предпрогнозный год вылову по ССД – в 2019 г. = 393,577 тыс. т.

В «Синтез» возрастной плюс группы нет и одиночный прогон вперёд для воспроизводимого расчёта ОДУ осуществлён одинаково для всех групп, кроме пополнения по формуле 5:

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} e^{-F_{i-1,j-1} - M_{i-1,j-1}} \quad (5)$$

В SAM возрастная плюс группа есть и одиночный прогон вперёд для воспроизводимого расчёта ОДУ осуществлён для всех групп, кроме пополнения и группы 10+ по формуле 5, а для группы 10+ (A) по формуле 6:

$$N_{i,A} = N_{i-1,A-1} e^{-F_{i-1,A-1} - M_{i-1,A-1}} + N_{i-1,A} e^{-F_{i-1,A} - M_{i-1,A}} \quad (6)$$

Массовые прогоны в симуляциях для оценки рисков проведены в лог-масштабе с добавлением соответствующего найденным параметрам шума.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Согласно точечным оценкам в «Синтез» и SAM на начало 2019 г. нерестовый запас минтая находился выше целевого уровня B_{tr} (рис. 20, 21), поэтому цель – эксплуатация восстановленного запаса на целевом уровне F_{tr} .

С помощью когортной процедуры по формулам 5 (и 6 в SAM для группы 10+) оценили численность и биомассу запаса на 2 года вперед.

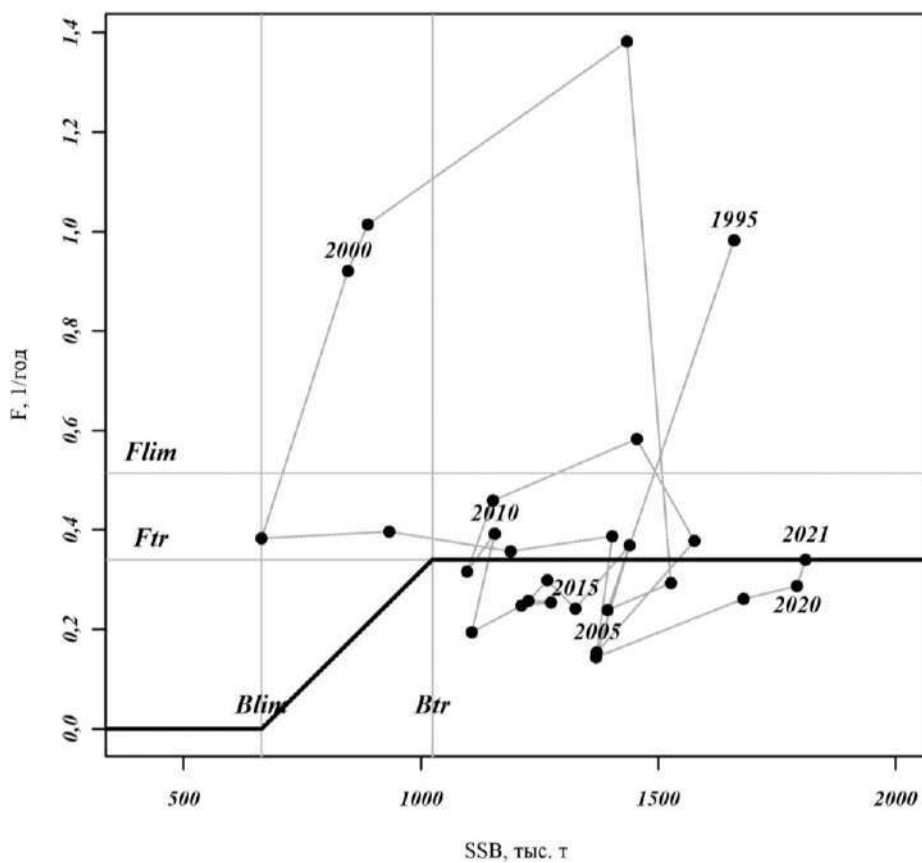


Рис. 20. ПРП и его реализация в «Синтез» (подписи некоторых точек показывают год)

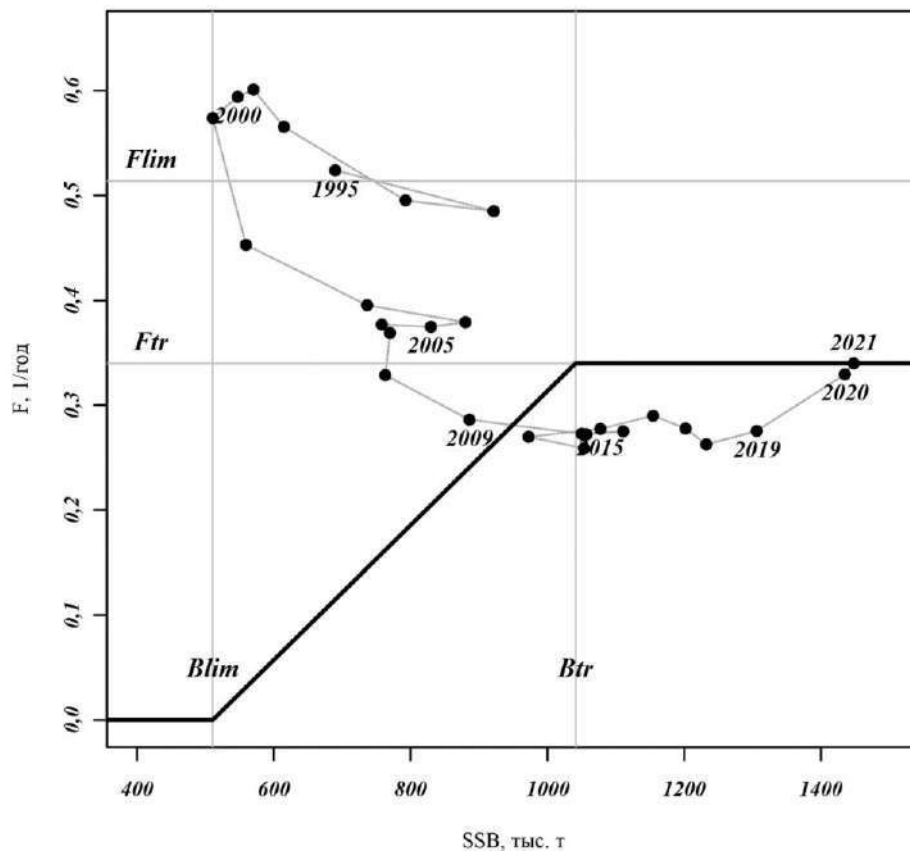


Рис. 21. ПРП и его реализация в SAM подписи некоторых точек показывают год

Величину ОДУ на i -й прогнозный год рассчитана по формуле 7 [Бабаян и др., 2018]:

$$\text{ОДУ}_i = F_{rec_i} \prod_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}, \quad (7)$$

где F_{rec_i} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год, рассчитанное по формуле 2 или 3 или 4, w_j – масса особей, $N_{i,j}$ – численность j -ой возрастной группы, s_j – возрастные коэффициенты селективности, M_j – M по возрасту j , t_c – возраст самого младшего в уловах годового класса (1 год), а T – терминальный возраст (10+ лет).

Расчёт ОДУ по численностям, найденным в «Синтез»

Пополнение в «Синтез» взято как по среднему за 10 лет с 2009 по 2018 гг. значению в 7,671 млрд рыб, как это рекомендует ВНИРО [Бабаян и др., 2018], так и по минимальному значению за весь период – 1,076 млрд рыб (найденному в 2019 г.) для исследования самого пессимистичного сценария. Стоит отметить, что для адекватной оценки пополнения 2019 г. с учётом селективности $s_1 = 0,002$ данных ещё просто не было. Таким образом, вариант прогона вперёд от пополнения 2019 г. является самым пессимистичным и, скорее всего, является практически невероятным.

В результате прогона вперёд численностей, найденных в «Синтез» обнаружено, что пополнение в ближайшие 2 года практически не окажет никакого влияния на SSB. В обоих случаях ожидается рост SSB с 1,79 млн т в 2020 г. до 1,81 млн т в 2021 г., что в любом случае выше $V_{tr} = 1,024$ млн т. Таким образом, состояние запаса, по точечной оценке, находится в III зоне и можно рекомендовать его эксплуатацию на целевом уровне $F_{tr} = 0,34$. Однако в результате 1000 кратной перевыборки установлено, что минимальная ошибка определения численности находится в лог масштабе около 0,25, а в среднем около 0,58, достигая максимума в 1,11 для годовиков, что примерно соответствует $CV = 111\%$. Анализ рисков показал, что при таких ошибках и минимальном пополнении за 10 лет SSB с вероятностью выше 92 % упадёт ниже V_{lim} при любой промысловой смертности, но при среднем пополнении этот риск сокращается до 35 % при эксплуатации на целевом уровне и до 27 % при постоянном $F=0,3$. Вылов 2019 г. (около 393,6 тыс. т), освоенный полностью в 2020 г., соответствует $F = 0,2873$, что имеет риск снижения SSB за 10 лет ниже V_{lim} менее 27 %, а в 2022 г. ниже 25 % при минимальном пополнении и ниже 16 % при среднем пополнении (рис. 22).

Следовательно, мы рекомендуем установить ОДУ в 2020 г. на уровне улова 2019 г. около 393,6 тыс. т по результатам анализа рисков в «Синтез». Такая величина ОДУ позволит рекомендовать ОДУ на 2021 г. до 444,19 тыс. т, что при среднем пополнении имеет максимальный риск падения SSB за 10 лет ниже V_{lim} менее 35 %.

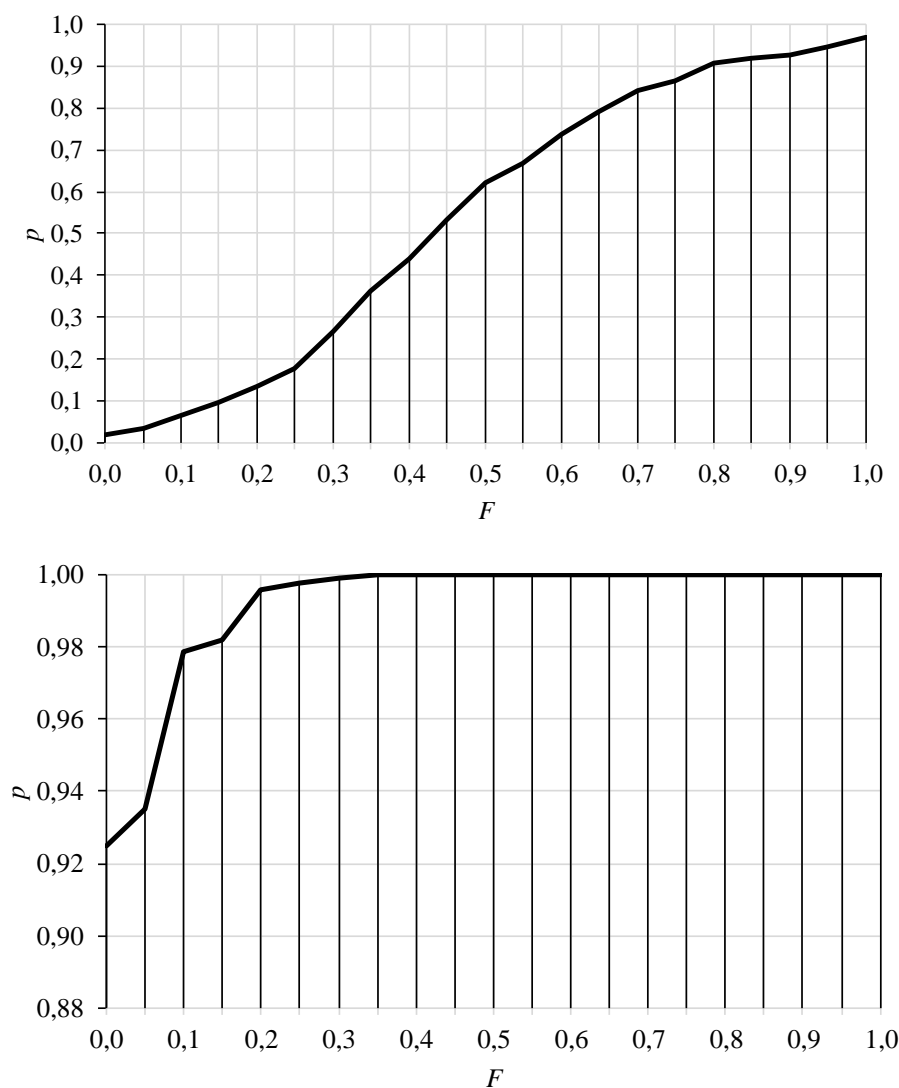


Рис. 22. Вероятность (p) падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира Blim при различных $F - p(SSB < Blim | C(2020)=393,6$ тыс. т, $F(2019+i)=F$, $i=2, \dots, 10$) при среднем пополнении 7,671 млрд рыб (сверху) и минимальном 1,076 млрд рыб (снизу), рассчитанные в «Синтез»

Расчёт ОДУ по численностям, найденным в SAM

В SAM использована скорректированная на число возрастных групп формула ОДУ (8):

$$ОДУ_i = n F_{rec_i} \prod_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{rec_i})]}{M_j + s_j F_{rec_i}}, \quad (8)$$

где n – число возрастных групп.

Такая корректировка необходима в связи с тем, что в SAM селективность нормирована на сумму, а не на максимум, как в «Синтез», т.е. в SAM селективность вычисляется по формуле 9 [Nielsen, Berg, 2014]:

$$s_{i,j} = \frac{F_{i,j}}{\sum_j F_{i,j}}. \quad (9)$$

Пополнение в SAM взято как по среднему за 10 лет с 2009 по 2018 гг. значению в 6,242 млрд рыб, как это рекомендует ВНИРО [Бабаян и др., 2018] (табл. 4), так и по минимальному значению за весь период – 4,764 млрд рыб, а также 0,9645 млрд рыб для исследования самого пессимистичного

сценария. Стоит отметить, что пополнение в 0,9645 млрд рыб не находилось даже в «Синтез», которая хуже подошла к наблюдениям, чем SAM. Таким образом, вариант прогона вперёд от пополнения 0,9645 млрд рыб является самым пессимистичным и, скорее всего, является практически невероятным.

В результате прогона вперёд численностей, найденных в SAM обнаружено, что пополнение в ближайшие 2 года оказывает заметное влияния на SSB и ОДУ 2021 г. Однако в любом случае SSB выше $B_{tr} = 1,041$ млн т. Таким образом, состояние запаса, по точечной оценке, находится в III зоне и можно рекомендовать его эксплуатацию на целевом уровне $F_{tr} = 0,34$ (рис. 21).

Однако в SAM ошибка определения численности в лог масштабе достигает максимума в 0,825 для годовиков, что примерно соответствует $CV = 83\%$, что заметно ниже, чем в «Синтез» (111 %). Анализ рисков показал, что при таких ошибках и при среднем пополнении риск сокращения SSB ниже B_{lim} в течение 10 лет эксплуатации запаса с промысловой смертностью на целевом уровне $F_{tr} = 0,34$ ниже 7,5 % (рис. 21). Вылов 2019 г. (около 393,6 тыс. т) освоенный полностью в 2020 г. соответствует $F = 0,3296$, что имеет риск снижения SSB за 10 лет ниже B_{lim} менее 6 %, а в 2022 г. ниже 25 % (рис. 22). Риск неблагоприятного состояния запаса в 2022 гг. также низок – менее 6 % (рис. 22).

Следовательно, **мы рекомендуем установить ОДУ в 2020 г. на уровне улова 2019 г. около 393,6 тыс. т по результатам анализа рисков в «Синтез» и SAM.**

Обе модели прогнозируют рост SSB при указанных для них уловах в 2020 г. около 393,6 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне и среднем пополнении (рис. 20 и 23).

Таким образом, рекомендуется ОДУ минтая на 2020 г. для Западно-Беринговоморской (к востоку от 174° в.д.) и Чукотской зон установить в объеме **393,6 тыс. т.** Из этого количества, на основе среднесноголетних данных о масштабе распространения минтая из Западно-Беринговоморской зоны в Чукотскую зону, полученного на основе промысловых данных (1,21 % по биомассе), **ОДУ минтая для Чукотской зоны в 2020 г. составит 4,8 тыс. т.** Следовательно, **в Западно-Беринговоморской (к востоку от 174° в.д.) ОДУ минтая в 2020 г. составит 388,8 тыс. т, а во всей Западно-Беринговоморской зоне 390 тыс. т.** При этом допустимо перераспределение объемов вылова между зонами без превышения суммарной величины ОДУ (394,8 тыс. т).

Таблица 4

Расчёт ОДУ минтая по оценкам численности рыб в SAM при среднем за последние 10 лет пополнении

Возраст рыб, лет	Численность рыб (N) на начало 2019 г., млн	Численность рыб (N) на начало 2020 г., млн при $F_{2019} =$ 0,313323 или 393,577 тыс. т	s_j	Средняя масса рыб (w_j) за последние 10 лет, кг	M_j	Доля зрелых рыб	SSB на начало 2020 г., тыс. т	ОДУ на 2020 г., тыс. т при $F_{rec} =$ 0,3296
1	8777,300668	6242,219167	0,000317	0,0179	0,90	0,0000000	0,000	0,077
2	2880,421004	3565,04147	0,005694	0,0875	0,45	0,0081773	2,551	4,674
3	1567,824521	1804,16134	0,027979	0,2264	0,30	0,2769632	113,129	31,159
4	1010,131833	1063,98826	0,075518	0,4012	0,30	0,9468000	404,162	81,767
5	777,528418	590,64837	0,101408	0,5222	0,30	0,9987921	308,064	76,341
6	459,155004	419,21571	0,115950	0,6286	0,30	0,9999740	263,512	73,001
7	243,045453	236,53350	0,151980	0,7537	0,30	0,9999994	178,275	61,446
8	96,619598	111,83898	0,192048	0,8697	0,30	1,0000000	97,266	40,032
9	35,847493	39,21468	0,164553	0,9827	0,30	1,0000000	38,536	14,126
10	28,593600	28,50755	0,164553	1,0506	0,30	1,0000000	29,950	10,978
Всего:							1,435 млн т	393,601

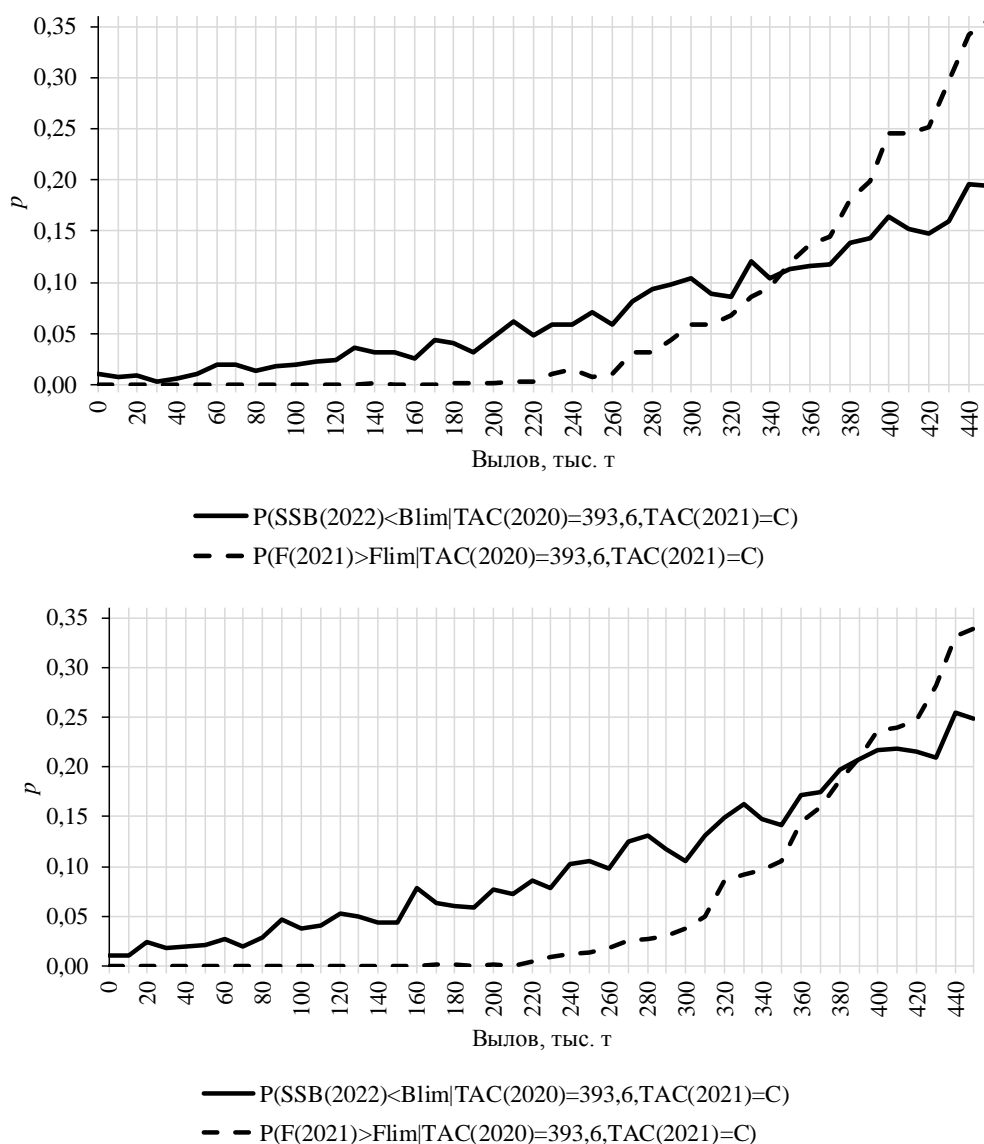


Рис. 23. Вероятность (p) превышения $Flim = 0,514$ при полном освоении ОДУ (ТАС) в 2020 г. (393,6 тыс. т) в зависимости от последующих постоянных уловов $p(F(2021) > Flim | TAC(2020) = 393,6, TAC(2021) = C)$ и вероятность падения SSB ниже граничного ориентира по биомассе при полном освоении ОДУ в 2020 г. (393,6 тыс. т) в зависимости от последующих постоянных уловов (C) $p(SSB(2022) < Blim | TAC(2020) = 393,6, TAC(2021) = C)$ при среднем пополнении 7,671 млрд рыб (сверху) и минимальном 1,076 млрд рыб (снизу), рассчитанные в «Синтез»

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса 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 по итогам 1000 итераций в «Синтез» с учётом ошибок параметров, найденных после 1000 кратной переВыборки (рис. 22).

Вероятность превышения граничного ориентира по промысловой смертности ($Flim = 0,514$) в 2021 г. при полном освоении ОДУ в 393,6 тыс. т в

2020 г. будет ниже 25 %, если в 2021 г. ОДУ будет ниже 420 тыс. т, также как и вероятность снижения нерестовой биомассы ниже граничной в 2022 г. хоть при среднем, хоть при низком пополнении, но за 10 лет это не так (рис. 24).

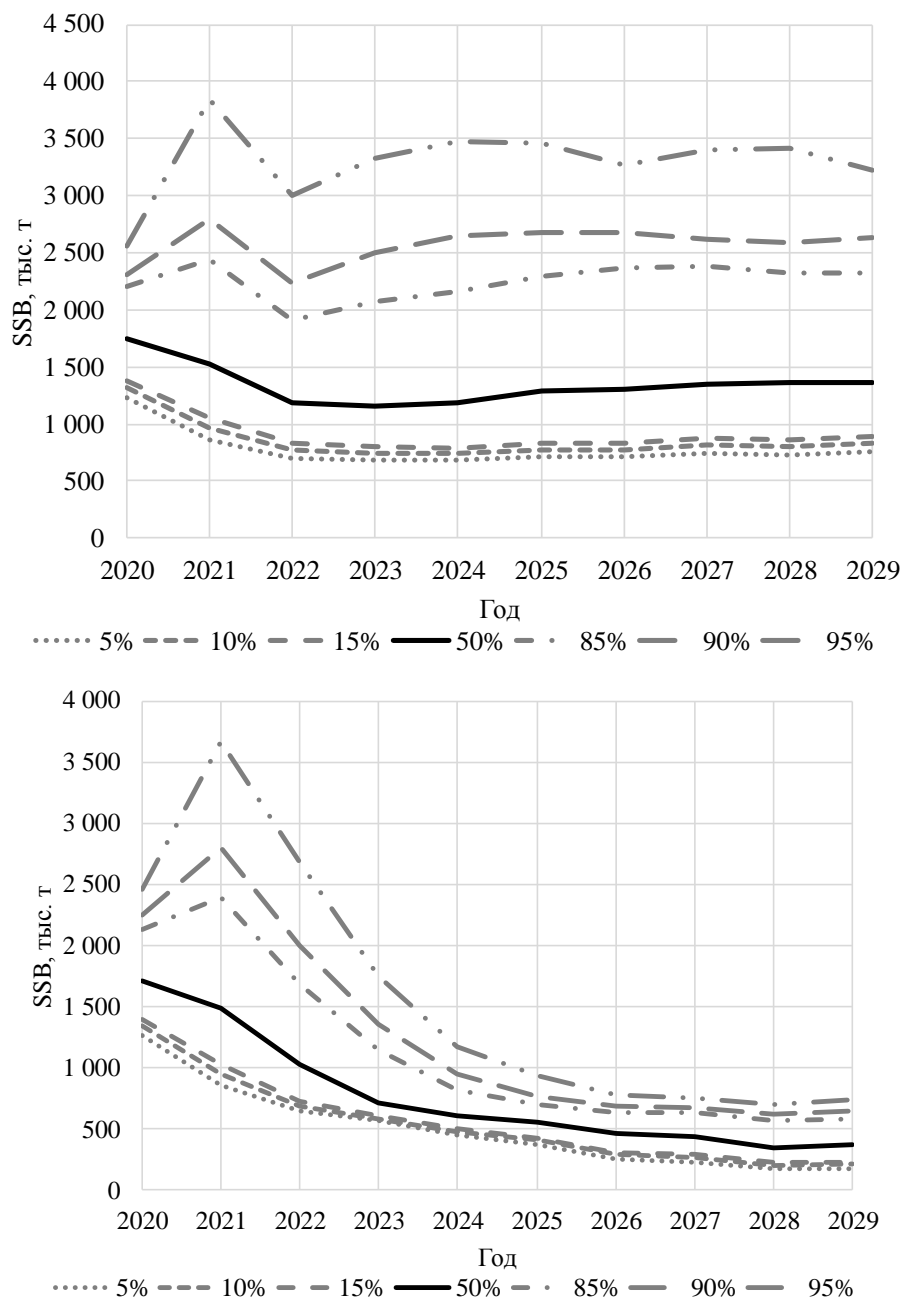


Рис. 24. Прогноз перцентилей распределения вероятной динамики SSB при постоянной $F_{tr} = 0,34$ и при среднем пополнении в 7,671 млрд рыб (сверху) и минимальном 1,076 млрд рыб (снизу), рассчитанные в «Синтез»

Анализ и диагностика полученных результатов в SAM

В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло риски оценены по итогам 1000 итераций с учётом ошибок параметров, найденных после 1000 кратной перевыборки. При среднем пополнении в течение 10 лет эксплуатация запаса имеет низкий риск (до 25 %) на любых уровнях вплоть до граничного $F_{lim} = 0,514$ (рис. 25).

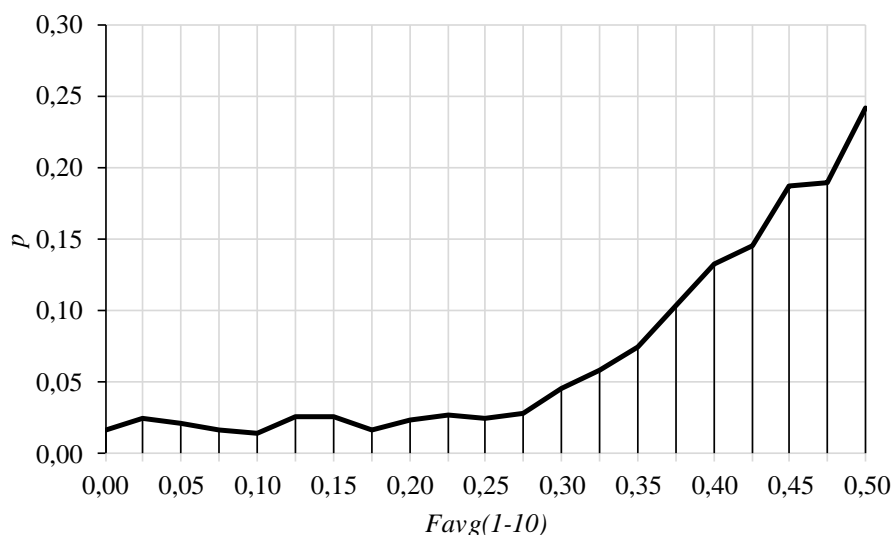


Рис. 25. Вероятность (p) падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира B_{lim} при различных $F - p(SSB < B_{lim} | C(2020)=393,6 \text{ тыс. т, } F(2019+i)=F, i=2, \dots, 10)$ при среднем пополнении 6,242 млрд рыб

Вероятность превышения граничного ориентира по промысловой смертности ($F_{lim}=0,514$) в 2021 г. при полном освоении ОДУ в 393,6 тыс. т в 2020 г. будет ниже 30 %, если в 2021 г. ОДУ будет ниже 420 тыс. т, также как и вероятность снижения нерестовой биомассы ниже граничной в 2022 г. (рис. 26).

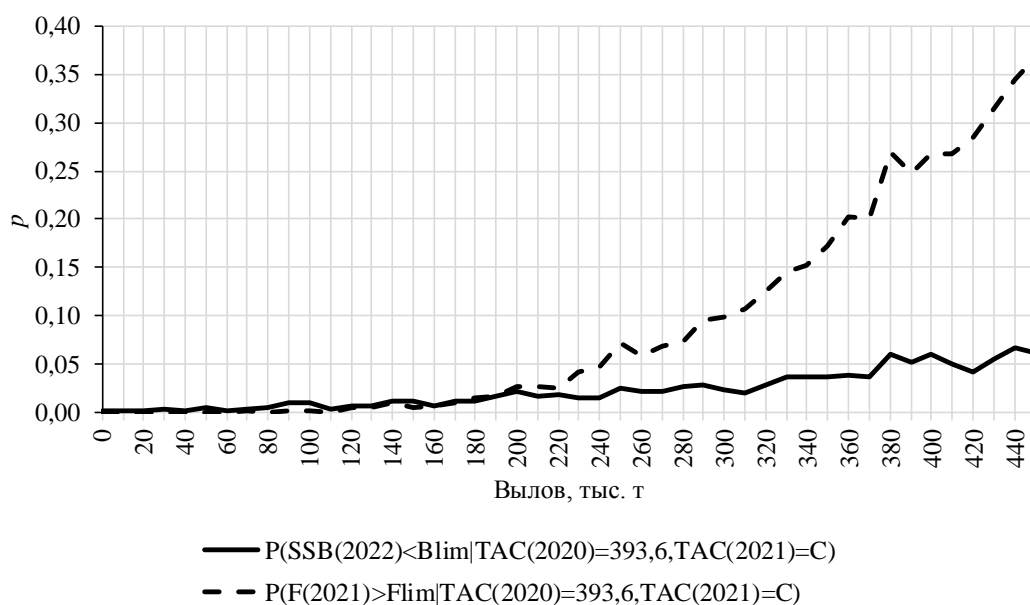


Рис. 26. Вероятность (p) превышения $F_{lim} = 0,514$ при полном освоении ОДУ (ТАС) в 2020 г. (393,6 тыс. т) в зависимости от последующих постоянных уловов $p(F(2021) > F_{lim} | TAC(2020)=393,6, TAC(2021)=C)$ и вероятность падения SSB ниже граничного ориентира по биомассе при полном освоении ОДУ в 2020 г. (393,6 тыс. т) в зависимости от последующих постоянных уловов (C) $p(SSB(2022) < B_{lim} | TAC(2020)=393,6, TAC(2021)=C)$ при среднем пополнении 6,242 млрд рыб, рассчитанные в SAM

Провести анализ рисков в программе ТАС при минимальных уровнях пополнения не удалось из-за возникающей ошибки деления на 0. В ППП

SAM нет возможности проводить симуляции с фиксированным пополнением, а можно лишь задать период лет, из которых будет осуществляться перевыборка пополнения. Мы задали такой период равным последним 10 годам, также как и для остальных параметров. Задав вылов для 2019 и 2020 гг. точным на уровне 393,6 тыс. т, а затем на уровне $F_{tr} = 0,34 \text{ год}^{-1}$, мы получили следующие оценки вероятной динамики SSB и рекрутов (рис. 27). Из них следует, что доверительный интервал SSB в ближайшие 10 лет ни разу не пересекает граничный ориентир B_{lim} при пополнении, случайно выбираемом из оценок прошедших 10 лет, т.е. риск менее 10 %. В рамках данной симуляции ОДУ в 2021 г. по медиане оценок будет находиться на уровне 410 тыс. т в доверительном интервале 260-647 тыс. т.

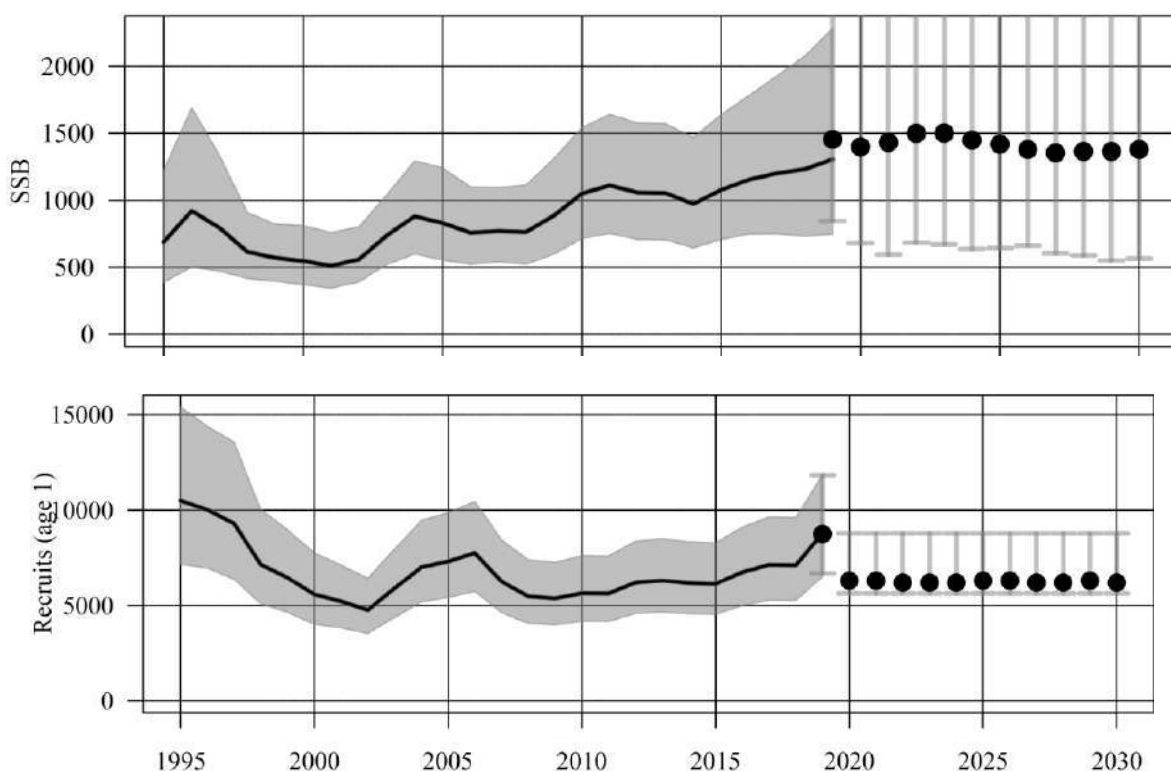


Рис. 27. Оценки динамики SSB (тыс. т) при данном пополнении (млн рыб)

Точечные оценки состояния запаса вводят в заблуждение экспертов о высокой точности этих оценок. В международной практике широко распространено представление всей неопределённости. Например, если представить всю неопределённость в оценке состояния запаса в 2019 г., полученную в SAM, то получим рис. 28. Так в безопасной зоне ($B \geq B_{tr}$ и $F \leq F_{tr}$) находится всего 56,1 % вероятных значений, а в опасной ($B < B_{tr}$ и $F > F_{tr}$) – 13,1 %.

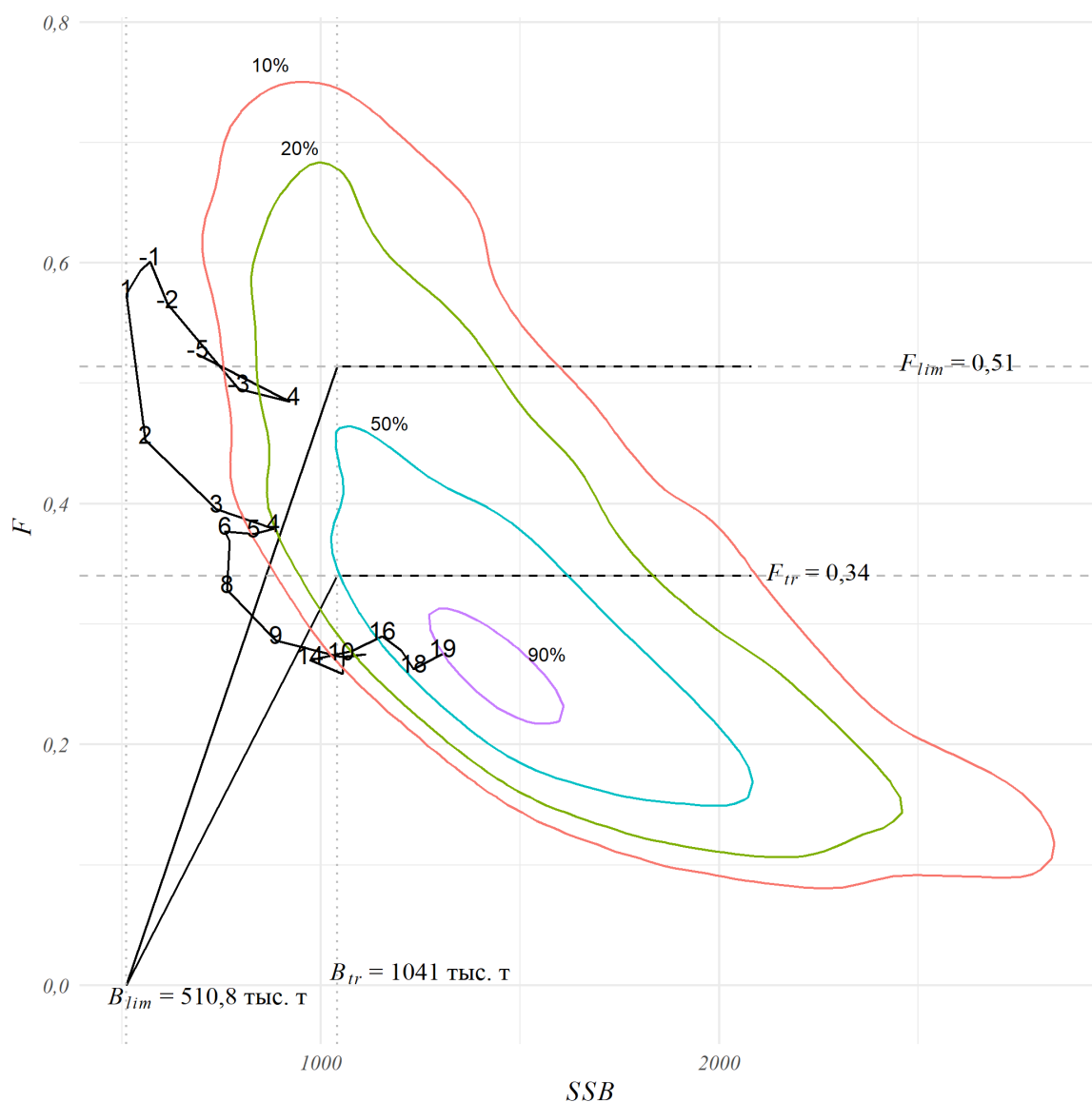


Рис. 28. Распределение вероятных оценок состояния запаса минтая, найденное в SAM. Изолинии ограничивают плотности вероятных оценок, где процентами указана доля вероятных оценок за пределами контура. Годы показаны за вычетом 2000

Диагностика соответствия моделей наблюдениям

В целом SAM настроилась лучше на матрицу численностей в уловах, чем «Синтез» как по робастной мере – абсолютного медианного отклонения (AMD = 0,722 против 0,898 у «Синтез» в лог масштабе невязок), так и в классическом корне среднеквадратичных отклонений (RMSE = 0,961 против 1,012 у «Синтез» в лог масштабе невязок). Значимая автокорреляция невязок чаще находится в «Синтез», чем в SAM (рис. 29).

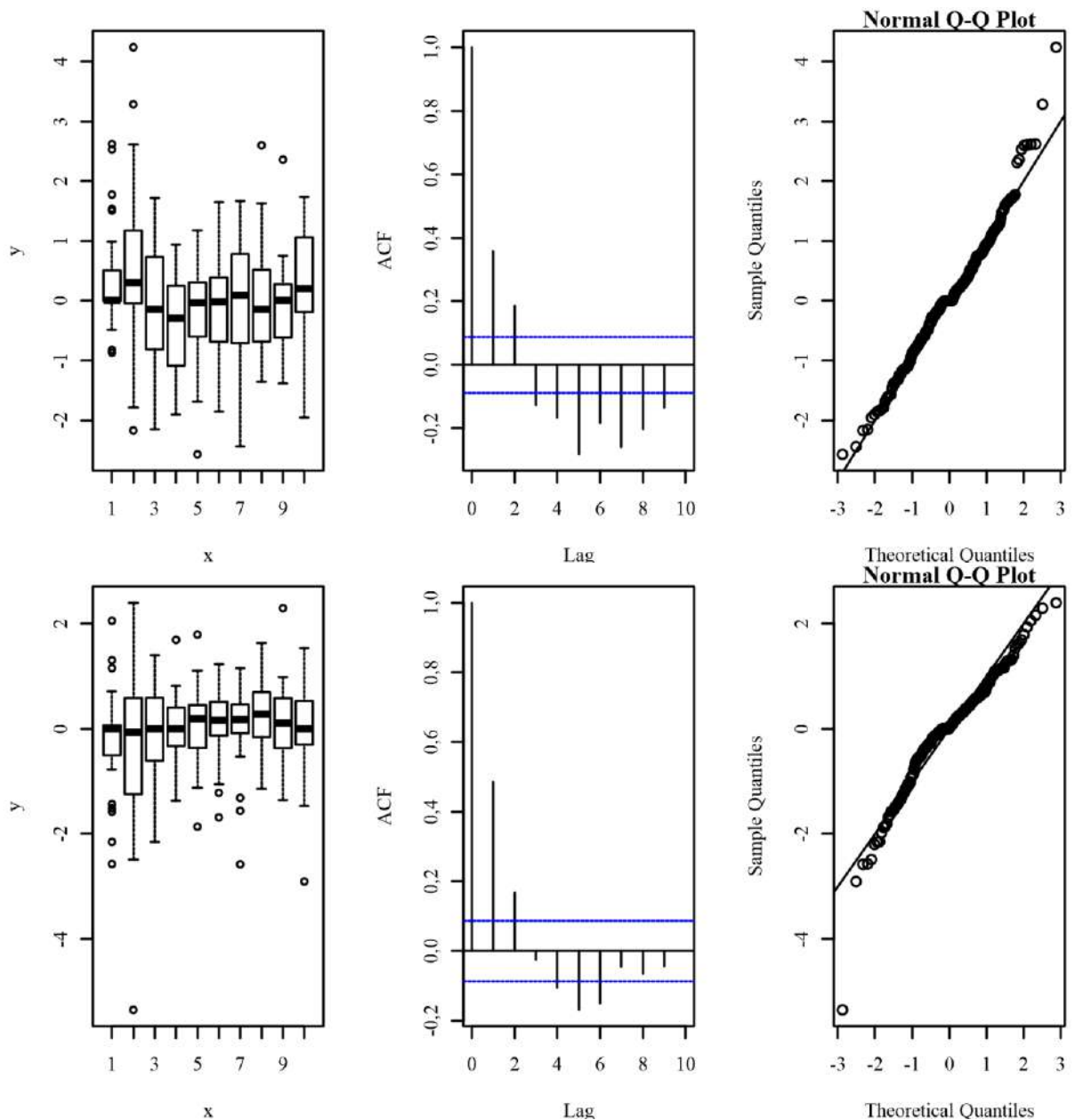


Рис. 29. Диагностика L_p (невязок) матрицы уловов в «Синтез» (сверху) и в SAM (снизу)

В «Синтез» также сильнее выражены паттерны в отклонениях, чем в SAM (рис. 30).

Обе модели имеют значимо ($p < 0,00001$) отличный от нуля Индекс Морана I в невязках матрицы вылова по возрасту и году, если представить пространство времени (год \times возраст), как изотропное пространство места. Однако в SAM Индекс Морана I ближе к нулю, чем в «Синтез» (0,0205 против 0,0216).

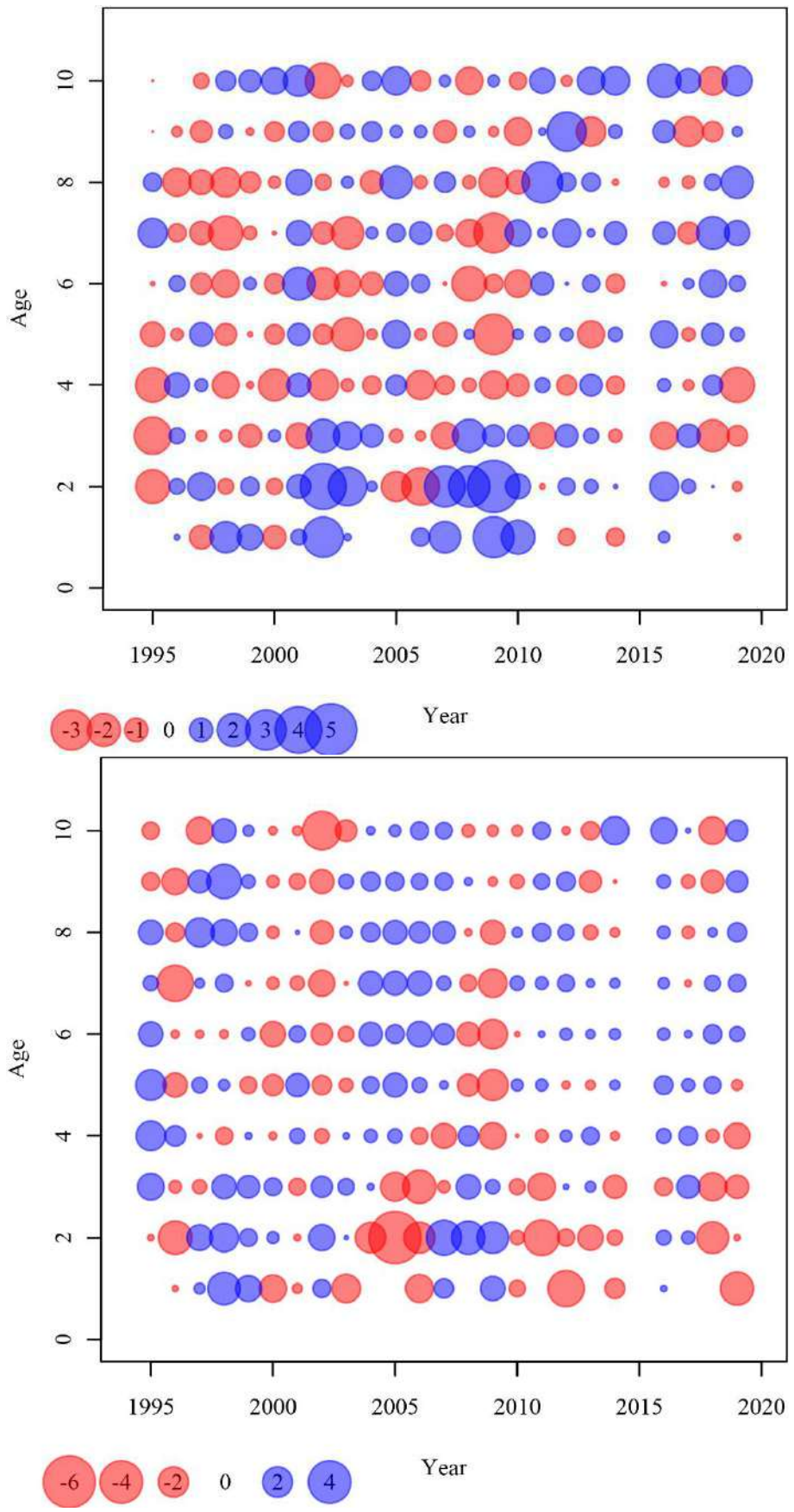


Рис. 30. Диагностика $L_n(\text{невязок})$ матрицы уловов в «Синтез» (сверху) и в SAM (снизу)

Таким образом, благодаря более гибкой настройке селективности, SAM лучше подошла к наблюдениям, но даже она имеет признаки какого-то внешнего гладкого влияния на невязки, хотя и более слабые, чем в «Синтез». Следовательно, наш выбор в пользу SAM, можно считать в некоторой степени обоснованным.

Ретроспективный анализ

В ретроспективе 2 лет выбранная выше модель (SAM) показала устойчивые оценки, но при более глубоком анализе ретроспективы модель не достигала конвергенции. Заметный рост SSB в 2019 г. обеспечен в основном наблюдениями 2019 г. (рис. 31).

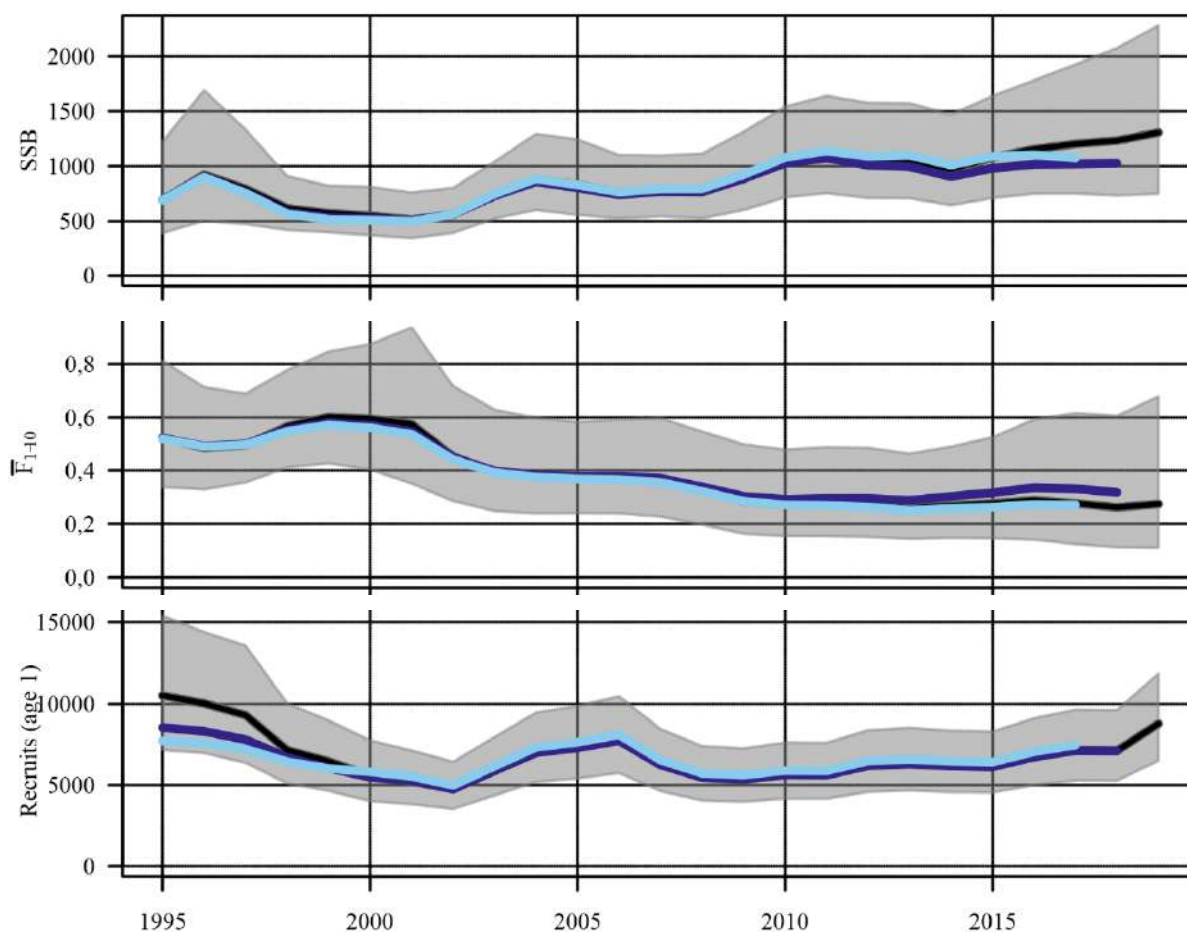


Рис. 31. Ретроспективный анализ SSB, F и динамики численности рекрутов в SAM

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Воздействие промысла на окружающую среду выражается, прежде всего, в изъятии из естественной среды обитания водных биологических ресурсов, в данном случае минтая в северо-западной части Берингова моря.

Минимизации негативного воздействия промысла на запасы минтая и окружающую среду способствуют меры регулирования, содержащиеся в Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденные приказом Минсельхоза России от 23.05.2019 г. № 267:

1. Ограничения нормы выхода икры-сырца минтая при всех видах производства рыбной и иной продукции (пункт 22.10). Для Западно-Берингоморской зоны, в срок с ноября по апрель включительно, выход икры-сырца должен составлять не более 4,5 % к массе рыбы-сырца, поступившей на разделку.

2. Запретные для специализированного промысла минтая сроки (п. 28.1). В Западно-Берингоморской зоне к востоку от 174° в.д. специализированный промысел минтая запрещен с начала массового нереста, но не позднее, чем с 1 марта по 15 мая. На акватории Западно-Берингоморской зоны к западу от 174° в.д. специализированный промысел минтая запрещен в течение всего года.

3. Виды запретных орудий и способов добычи (вылова) при ведении специализированного промысла минтая во всех районах (п. 32.4). Во всех районах при специализированном промысле минтая запрещено использование донных тралов, разноглубинных тралов с двухслойными траловыми мешками, разноглубинных тралов без селективных вставок с квадратным расположением ячеи. Также в п. 35 установлен разрешенный шаг ячеи орудий добычи (вылов), применяемых при промысле минтая.

4. Минимальный промысловый размер минтая во всех районах установлен п. 36 и составляет 35 см.

5. Допустимый прилов молоди минтая (рыб менее промыслового размера) по счету за одно промысловое усилие установлен п. 38.1. В Западно-Берингоморской зоне восточнее 174° в.д. прилов молоди минтая установлен в количестве не более 40 %.

При неукоснительном соблюдении действующих Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна добыча (вылов) минтая в пределах рекомендованного ОДУ не будет оказывать негативного воздействия на окружающую среду и ресурсы минтая в северо-западной части Берингова моря.

Минтай (*Theragra chalcogramma*)

61.06 - Зона Японское море,

61.06.1 - подзона Приморье

Исполнители: В.А. Нуждин, Е.Е. Овсянников (Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»))

Куратор: А.М. Привалихин (ФГБНУ «ВНИРО»)

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 29.10.2019 г. № 610 «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов... на 2020 г.» величина ОДУ минтая в подзоне Приморье утверждена в объеме 18,1 тыс. т. Основанием для корректировки ОДУ минтая в подзоне Приморье в 2020 г. послужили новые данные о состоянии его запасов, полученные при выполнении научно-исследовательской донной траловой съемки СТР «Владимир Сафонов» в апреле-июне 2019 г. от устья р. Туманная (залив Петра Великого) до м. Золотой (47°18'с.ш.).

Анализ доступного информационного обеспечения

Ранее ОДУ минтая в подзоне Приморье на 2020 г. в объеме 18,1 тыс. т рассчитывался на основе данных, полученных в 2018 г. при выполнении донной траловой съемки на РКМРТ «Бухоро» в подзоне Приморье от м. Золотой (47°20'с.ш. на севере) до устья р. Туманной на юге (залив Петра Великого) Всего выполнено 149 тралений. В ходе проведения этой съемки численность минтая была оценена 497,2 млн экз., биомасса в 125,68 тыс. т, а с учетом пелагической составляющей и вылова на начало съемки соответственно 576 млн экз. и 150 тыс. т. На долю урожайного поколения 2014 г. рождения приходилось 69 % (400 млн экз.). Молодь минтая, в том числе и часть 4-годовалых особей, обитает преимущественно в пелагиали и в меньшей степени придерживается придонных горизонтов. В 2018 г. учет производился донным тралом, вследствие этого численность урожайного поколения 2014 г. была недооценена. Об этом свидетельствовала высота эхозаписей во время съёмки, как на акватории залива Петра Великого, так и за его пределами, намного превышавшая вертикальное раскрытие донного трала.

Основой для корректировки ОДУ минтая в подзоне Приморье на 2020 г. послужили новые данные о состоянии его запасов, полученные при выполнении научно-исследовательской донной траловой съемки СТР «Владимир Сафонов» в апреле-июне 2019 г. от устья р. Туманной (залив Петра Великого) до м. Золотой (47°18'с.ш.). Всего было выполнено 212 тралений на изобатах от 19 до 760 м (рис. 32). В ходе выполнения донной траловой съемки измерено 10,4 тыс. экз. минтая, на биологический анализ взято 550 экз. Также сбор биологического материала минтая осуществлялся из уловов промысловых судов класса РС и МРС-150 (ООО «Примрыбфлот» и

ООО «Примтранзит»), работавших на его промысле в весенне-летний период. На полный биологический анализ дополнительно было взято 350 экз. и для создания размерно-возрастного ключа – 90 экз., измерена длина у 1,8 тыс. особей. Возраст определен у 805 экз. минтая.

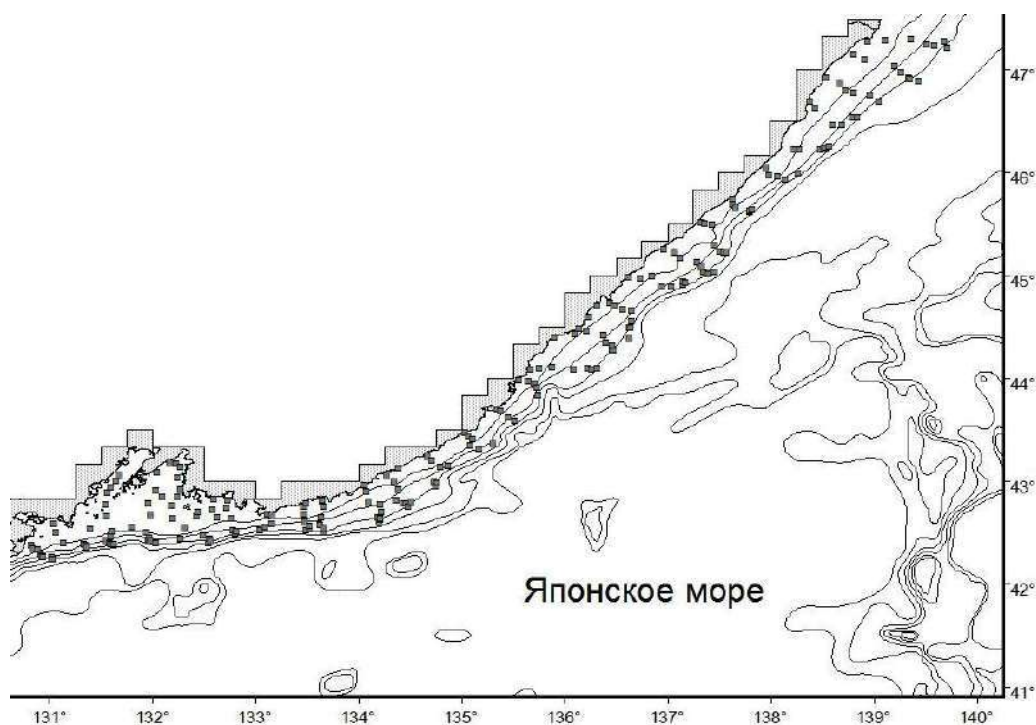


Рис. 32. Схема станций научно-исследовательской донной траловой съемки в апреле-мае 2019 г. в подзоне Приморье

Также дополнительно анализировались материалы шести последовательных ихтиопланктонных съемок выполненных для оценки эффективности нереста приморского минтая на НИС «Владимир Сафонов» в 2019 г. в период с 27 марта по 23 апреля и с 1 по 5 июня на акватории от м. Гамова до м. Успения.

Поскольку при промысле минтая участвовало до 10 моделей судов (МРС-150 и МРС-225, МДС, РС-300, РС-450, РКМРТ, СРТМ, СТР и др.), а также недостоверная информация, поступавшая с некоторых добывающих судов по причине отсутствия квот на его вылов и разрешенная с 2017 г. возможность не подавать ССД судами маломерного флота, всё это обусловило низкую достоверность промысловой статистики. Кроме этого не ежегодное выполнение научно-исследовательских съемок на всей акватории подзоны Приморье, включая и воды Хабаровского края, в настоящее время не позволяют использовать математические модели для оценки и прогноза динамики этого запаса, поэтому в целом информационное обеспечение прогноза можно оценить как удовлетворительное и соответствующее III уровню согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих ОДУ водных биологических ресурсов...».

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка состояния запаса рыб прибрежного комплекса, в том числе и минтая, в подзоне Приморье осуществляется с помощью научно-исследовательских донных траловых съемок. В 2019 г., как и ранее, биомасса и численность приморского минтая рассчитывалась по методу площадей [Аксютин, 1968]:

$$W(N) = \sum c \times Q / (q \times k),$$

где: $W(N)$ – рассчитываемая биомасса (численность),

c – средний улов на час траления (вес или количество штук) в каждой батиметрической зоне,

Q – площадь батиметрической зоны (км²),

q – средняя площадь часового траления,

k – дифференцированный коэффициент уловистости донного трала для разных весовых и размерных групп (до 20 см и 0,1 кг – 0,15, свыше 20 см и 0,1 кг – 0,25) [Гаврилов и др., 1988; Нектон..., 2004].

Исследования, выполненные в различные сезоны в предыдущие годы, позволили выяснить особенности сезонного распределения минтая, получить представление и создать схемы его миграций, а определенная регулярность выполнения научно-исследовательских траловых съемок позволяет оценивать уровень возможного пополнения и перспективы изменения уровня его запасов. Однако использование при оценке численности и биомассы минтая данных уловов, полученных с использованием только донного трала, не позволяет в полной мере собирать более точные данные о величине пополнения, поскольку значительная часть неполовозрелых рыб, практически в течение всего года, концентрируется в пелагиали [Шунтов и др., 1993].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

С конца 80-х годов прошлого столетия в Японском море, в том числе и в его северо-западной части наблюдается неуклонное сокращение запасов минтая, соответственно уменьшались и объемы его вылова (рис. 33).

Со второй половины 70-х годов прошлого столетия и по настоящее время в подзоне Приморье общий запас минтая в среднем оценивался в 95 тыс. т. Однако с конца 80-х гг. прошлого столетия в Японском море, в том числе и в его северо-западной части наблюдается неуклонное их сокращение. По данным донных траловых съемок промысловый запас минтая в 2001-2018 гг. оценивался от 5,7 до 142 тыс. т и в среднем составил не более 52,9 тыс. т (рис. 34).

В расчетах оценки запаса минтая в 2019 г. были использованы данные донной траловой съемки, выполненной на акватории зал. Петра Великого в апреле (58 тралений) и в водах Северного Приморья между м. Поворотный и м. Золотой (133 траления). Биомасса и численность минтая весной 2019 г. в морских водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, на площади в 31,226 тыс. км² в придонном слое (до 3,5-4,0 м) оценены соответственно в 168,15 тыс. т и 462,19 млн экз.

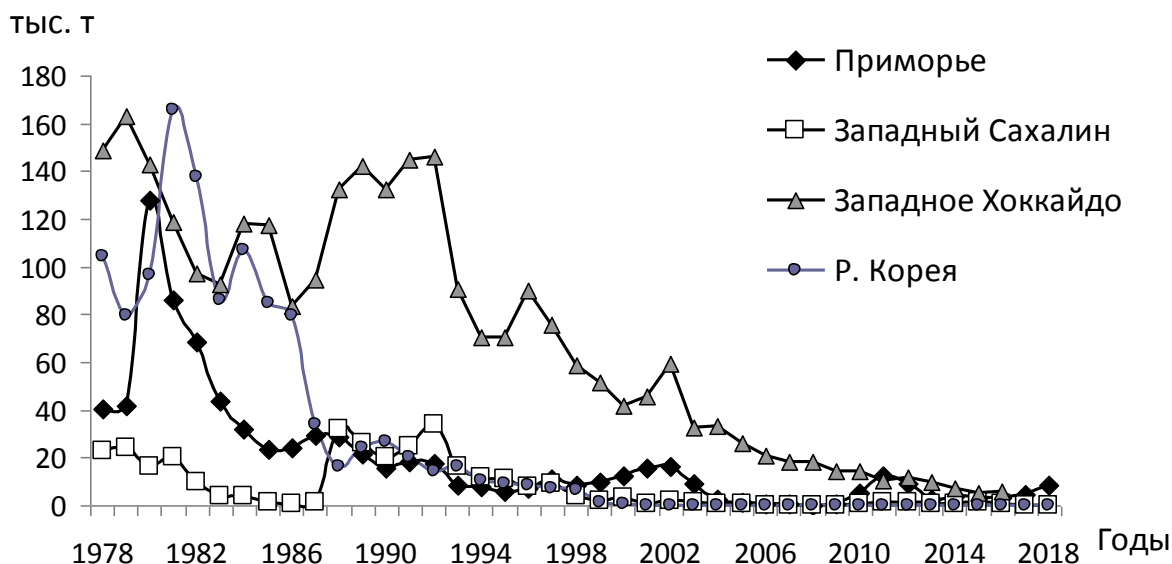


Рис. 33. Динамика вылова минтая в Японском море

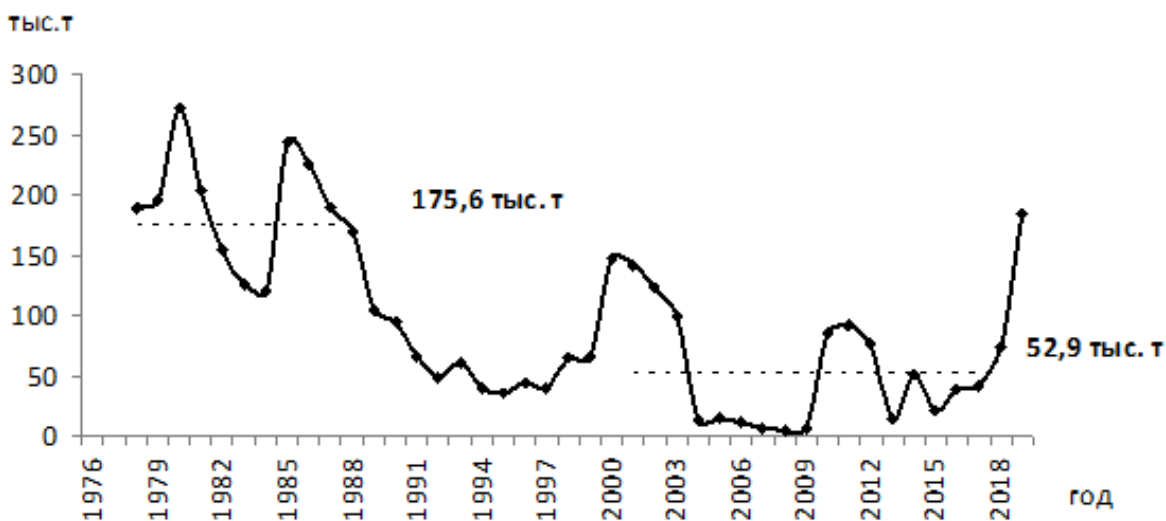


Рис. 34. Динамика промыслового запаса приморского минтая

Как и в прошлые годы, весной 2019 г. основная масса минтая в водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, концентрировалась южнее зал. Ольги ($43^{\circ}40' \text{с.ш.}$) в диапазоне глубин от 50 до 200 м (71,3 % от учтенной биомассы и 70,1 % от общей численности). Однако в батиметрическом распределении минтая в северных и южных районах акватории съемки отмечены некоторые отличия. Севернее м. Поворотный основные скопления минтая отмечались в диапазоне глубин 100-200 м и 200-300 м, где было сосредоточено, соответственно, от общей численности 41 % и 37,7 %, а от общей биомассы – 44,3 % и 37,7 %. Однако наивысшие показатели удельной плотности минтая до $29,9 \text{ т/км}^2$ были отмечены между изобатами 50 и 100 м вблизи от восточной границы с зал. Петра Великого между м. Поворотный и м. Островной. До зал. Ольги

небольшие локальные скопления с удельной плотностью 9,7 и 9,9 т/км² минтай формировал на глубинах 100-200 и 200-300 м. В диапазоне 300-400 м и 400-500 м показатели не превышали 1,2 и 0,4 т/км², соответственно.

В результате в водах Северного Приморья, несмотря на большую акваторию, было учтено только 28,6 % от общей биомассы и 31,6 % от общей численности минтая, оцененных весной 2019 г. в пределах морских вод Приморского края.

В зал. Петра Великого в апреле минтай с удельной плотностью до 11,2-39,4 т/км² концентрировался главным образом восточнее 132 меридиана, в основном вдоль восточных участков Уссурийского залива и восточнее острова Аскольд на глубинах от 20 м до 200 м (рис. 35).

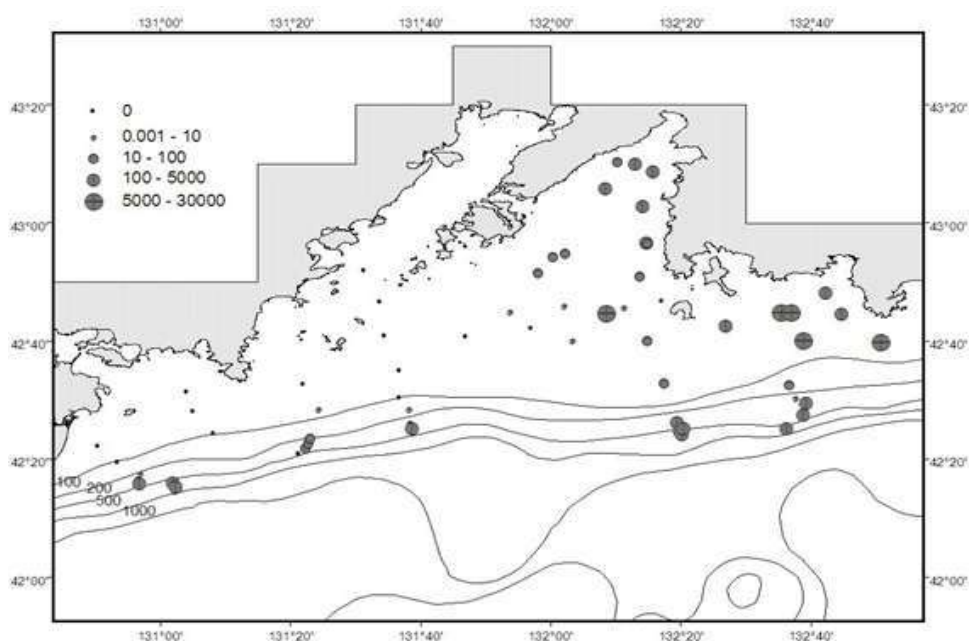


Рис. 35. Распределение уловов минтая (кг/час траления) в зал. Петра Великого в апреле 2019 г.

В этом диапазоне глубин было сосредоточено до 89,3 % от общей его биомассы, учтенной в заливе. Незначительное увеличение степени концентрации минтая с удельной плотностью до 8,9 т/км² наблюдалось между изобатами 300 и 400 м.

В 2000-е годы в Приморье произошло постепенное и довольно существенное сокращение количества судов, участвующих в прибрежном промысле рыб [Калчугин и др., 2015]. Поэтому основной причиной недоосвоения ОДУ минтая, как и других видов рыб, в этой промысловой зоне, по-прежнему, продолжает являться недостаточное количество рыбодобывающих судов, выставляемых на его промысел. В значительных количествах минтай в апреле-мае периодически заходит и в ставные орудия лова. Однако, согласно действующим Правилам рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, прилов видов, для которых устанавливается величина ОДУ, не должен превышать 2 % от общего улова,

поэтому этот минтай либо должен быть выпущен, либо (что чаще всего и происходит) не входит в статистические данные по вылову [Ким, 2010]. Старение судов малого флота ведет к постепенному их выводу из эксплуатации. В результате прибрежный рыбный промысел в Приморье неуклонно сворачивается и в летний период в основном ограничивается акваторией зал. Петра Великого.

По данным ССД в специализированном промысле минтая в первой половине 2019 г. участвовало 1-3 СТР, 1 МКРТМ, не более 2 РС (фактически работало до 6 судов) и до 3 СРТМ. В первом квартале основная часть утвержденной квоты была освоена судами класса РС и СТР. Суточный вылов минтая в январе у РС в водах северного Приморья варьировал от 10,7 до 58,7 т на судосутки и в среднем составил 43,4 т. В зал. Петра Великого уловы были в 2 раз ниже и в среднем составили 22,1 т. У СТР суточный вылов в среднем был на 20 % выше. В феврале уловы несколько снизились, тем не менее были не ниже 25,8 и 29,4 т, соответственно. В марте средний улов минтая в заливе у РС составил 22,4 т, а у СТР – 24,3 т. С усилением подходов минтая на нерест в зал. Петра Великого уловы несколько возросли и у РС в среднем составили 26,5 т, а у СТР 27,8. По сравнению с этой группой судов уловы минтая у СРТМ в феврале-марте в заливе были несравненно ниже и только в апреле-мае с 2,7-5,6 т суточный вылов увеличился до 8 и 6,7 т, соответственно.

В первом полугодии 2019 г. суммарный вылов минтая составил 9,55 тыс. т, или 51,6 % от уровня утвержденной величины ОДУ, а за 11 месяцев общий вылов достиг 11,5 тыс. т (табл. 5).

Таблица 5

ОДУ, вылов и освоение минтая в подзоне Приморье в 2012-2019 гг.

Показатели	Годы							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОДУ, тыс. т	18,2	10,3	5,6	4,58	4,42	5,55	10,5	18,50
Промышленный лов, тыс. т	9,137	4,172	2,414	3,397	3,322	4,357	9,257	10,7
Контрольный лов и НИР, т	10,814	2,15	2,5	2,866	2,43	0,0	5,4	5,6
Всего, тыс. т	9,148	4,174	2,416	3,4	3,324	4,357	9,262	11,5*
% освоения	50,3	40,5	43,1	76,4	75,2	79,2	88,2	62,2

* по состоянию на 29 ноября 2019 г.

В июле-августе промысел минтая практически не велся, поскольку даже при столь немногочисленном количестве РС, определенная их часть летом ежегодно переходит на добычу более высокопродуктивных гидробионтов.

По данным траловой съёмки весной 2019 г. в уловах встречался минтай длиной от 10 до 82 см. Средняя длина рыб в зависимости от горизонта траления изменялась от 34,6 до 40,1 см (рис. 36). До глубины 300 м в уловах

преобладали 5-годовалые особи урожайного поколения, однако с изобаты 100 м в уловах появились 2-годовалые особи поколения 2017 г. Поэтому если на глубинах менее 100 м средняя длина минтая составляла 39,2-40,1 см, то глубже постепенно снижалась с 37,9 до 34,6 см. Средние показатели длины рыб в зал. Петра Великого и водах Северного Приморья были близки и составляли 38,7 и 38,6 см. Практически повсеместно в уловах доминировало урожайное поколение 2014 г. На его долю приходилось 81,9 %. На втором месте по численности было поколение 2015 г. (7,26 %), далее шли 6-годовалые особи (4,5 %) и 2-годовики (3,1 %) (рис. 37).

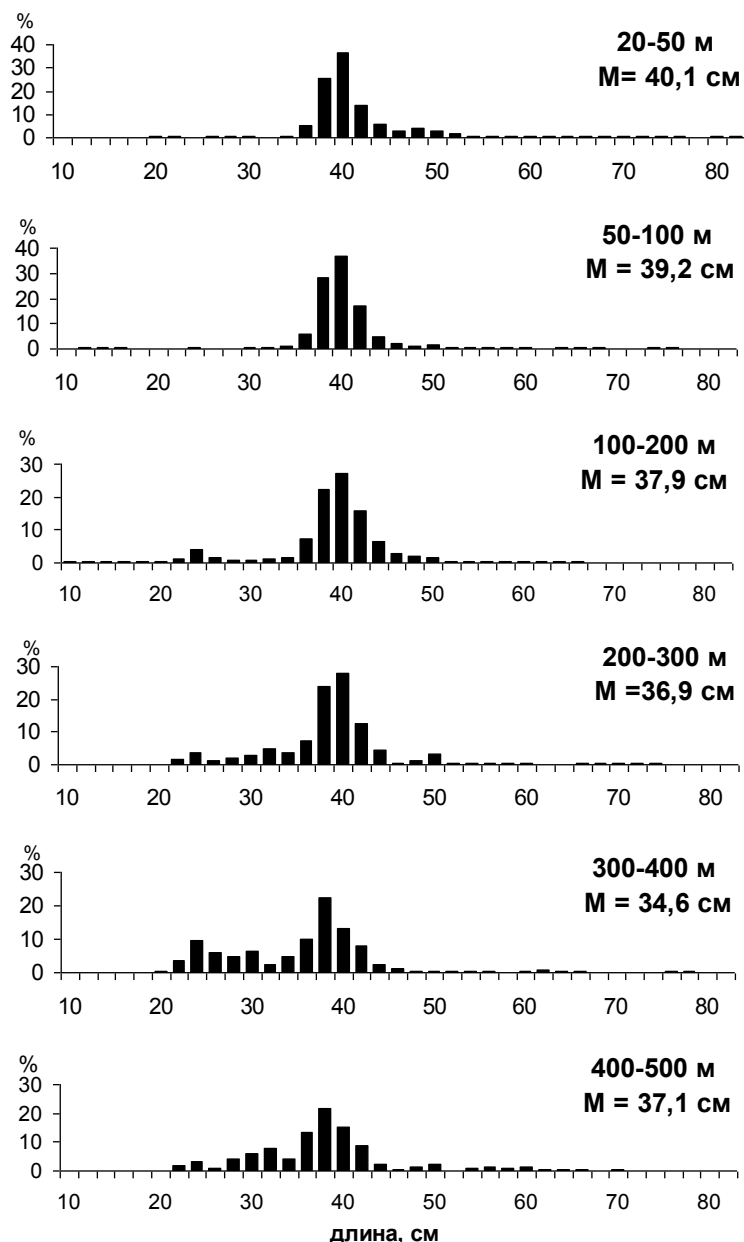


Рис. 36. Размерный состав минтая по глубинам весной 2019 г.

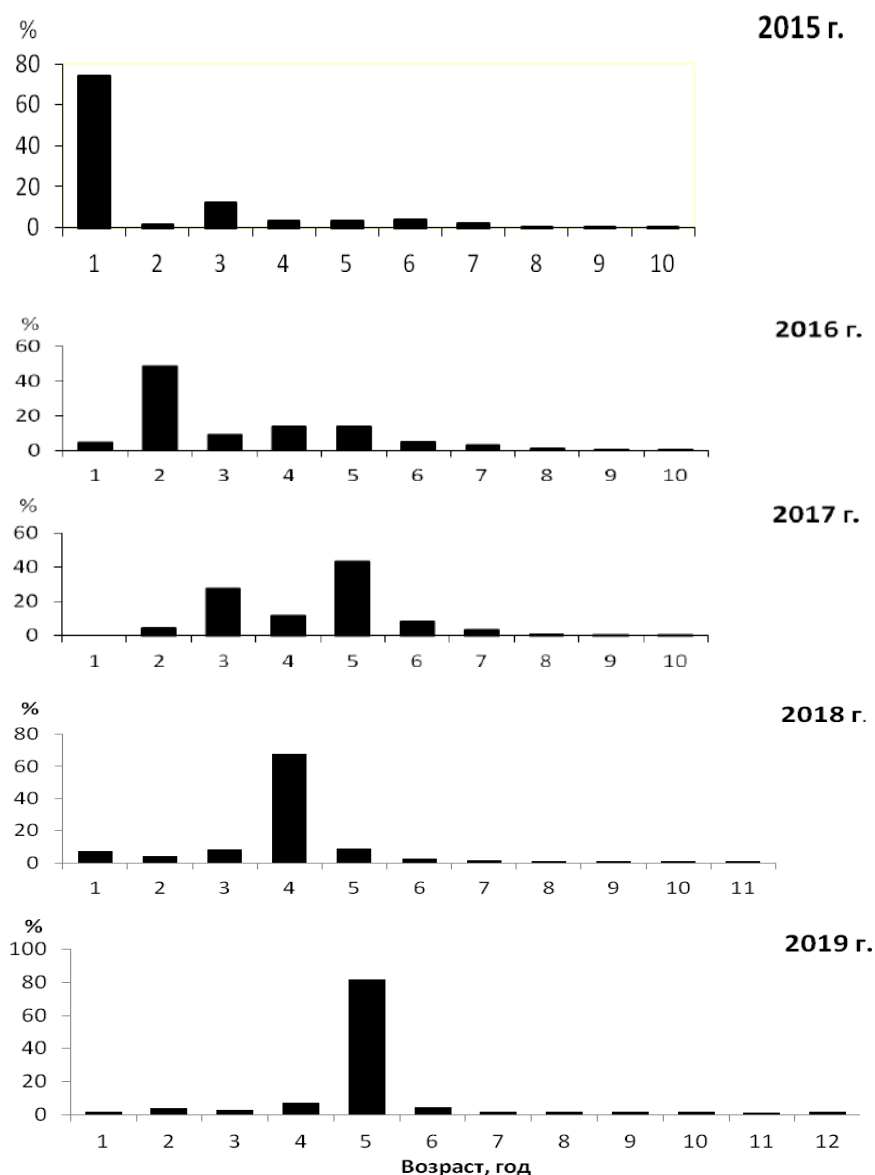


Рис. 37. Возрастной состав приморского минтая в 2015-2019 гг. (2017 г. в промысловых уловах)

Являясь элитомезобентальным видом [Федоров и др., 2003] минтай концентрируется как в придонном слое, так и в толще воды. Исходя из данных о его количественном распределении в эпипелагиали, мезопелагиали и в придонном горизонте вдоль северо-западного побережья Японского моря [Вдовин и др., 2004; Нектон..., 2004], по результатам исследований, полученных 1980-х и 1990-х годов, весной в пелагиали в среднем концентрируется до 13,6 % от биомассы минтая. Таким образом, доля придонного минтая в этот период года в среднем составляет только 86,4 % от общей возможной величины его биомассы. Поэтому величина его запаса весной 2019 г. в подзоне Приморье южнее м. Золотой, где обитает в этот период года основная масса приморского минтая, с учетом пелагической составляющей могла составлять не менее 168,15 тыс. т, а численность 462,19 млн экз. Учитывая, что на начало съемки флотом уже было выловлено около

8,8 тыс. т (или 25,5 млн экз.) минтая, на начало 2019 г. его запас в водах Приморского края мог составлять не менее 560,44 млн. экз. (203,4 тыс. т).

Перед началом выполнения траловой съемки и в ходе её проведения было выполнено несколько ихтиопланктонных микросъемок (рис. 38). Наибольшие уловы икринок минтая были отмечены в начале 3-й декады апреля, доходившие на станциях до 3,5 тыс. шт. под 1 м², что соответствовало уровню 1980-х годов. Показатели высокой удельной плотности в распределении икры подтверждают высокий уровень как нерестового, так и общего запаса приморского минтая в 2019 г.

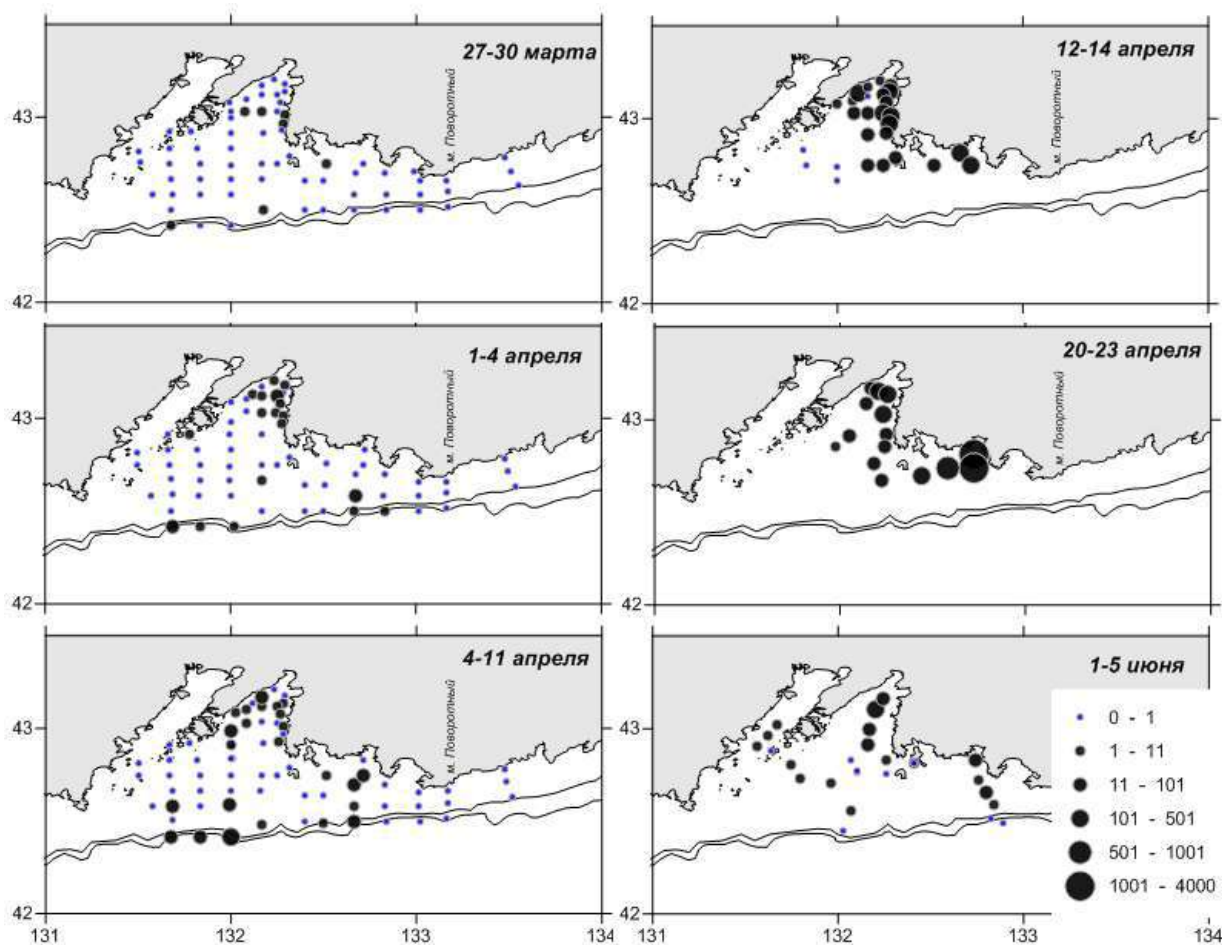


Рис. 38. Распределение икры минтая в марте–июне 2019 г.

Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров и формирования правила регулирования промысла приморского минтая на основе принципа «предосторожного подхода» [Бабаян, 2000] были использованы материалы научно-исследовательских траловых съемок «ТИНРО» с 1978 г.

Ориентиры управления:

Граничный ориентир по биомассе – $B_{lim} = (B_{50\%} + B_{loss})/2 = 25,8$ тыс. т;

Граничный ориентир по интенсивности промысла – $F_{lim} = F_{avg1978-2018} = 0,171$;

Целевой ориентир управления по интенсивности промысла – $F_{tr}=F_{lim} \exp(-\sigma) = 0,14$;

Целевой ориентир управления по биомассе – $B_{tr} = B_{avg}_{1978-2018} = 95,1$ тыс. т;

Предосторожный ориентир величины промысловой биомассы, ниже которого запас считается потенциально переловленным, – $B_{ра} = B_{lim} \exp(1.645 CV) = 31,2$ тыс. т (рис. 39).

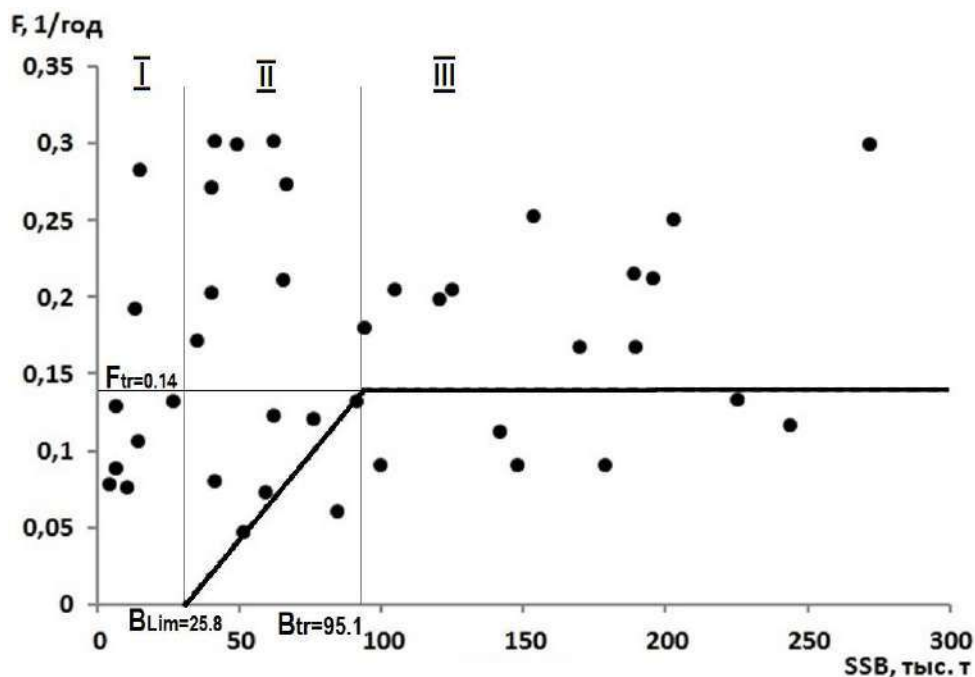


Рис. 39. Схема правила регулирования промысла минтая подзоны Приморье

Прогнозирование состояния запаса

По многолетним данным промысловый запас минтая в подзоне Приморье в основном представлен рыбами в возрасте от 4+ до 6+. В 2020 г. промысловое стадо будет формироваться в основном за счет 6-годовалых рыб урожайного поколения 2014 г. рождения.

Расчет запаса осуществлен биостатистическим методом. Величина выживания минтая рассчитана по степени убывания численности рыб, в том числе и от промысла, в смежных возрастных группах и рассчитана для поколений 1997-2008 гг. [Рикер, 1979]. С учетом естественной смертности каждой возрастной группы к началу 2020 г. численность минтая промыслового размера по сравнению с 2019 г. снизится практически в 2 раза. Суммарный запас минтая без одногодальных рыб в подзоне Приморье в 2020 г. может составить порядка 268,48 млн экз., из которых на долю 6-годовалых рыб из-за слабого пополнения будет приходиться около 76,9 % (206,58 млн экз.). Биомасса за счет индивидуального роста массы тела, прежде всего поколения 2014 г., может составить 197,91 тыс. т (табл. 6) и несколько превысит средний уровень 70-х – 80-х гг. прошлого столетия, который оценивается для этих лет в 175,6 тыс. т (рис. 34).

Таблица 6

Расчет промыслового запаса минтая в подзоне Приморье на 2020 г.

Возрастные группы в 2019 г.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Всего
Год рождения		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	
Учетная численность в 2019 г., млн экз.		0,0075	15,499	17,362	40,7	459,067	25,363	1,544	0,7109	0,0281	0,1473	0,0057	0,005	560,44
Доля рыб промысловой длины в возрастных группах, %		0	0	0	37	100	100	100	100	100	100	100	100	
Численность рыб, млн экз.	непромысловой длины	0,008	15,499	17,362	25,641									58,51
	промысловой длины	0	0	0	15,059	459,067	25,363	1,544	0,7109	0,0281	0,1473	0,0057	0,005	501,93
Выживаемость		0,55	0,7	0,75	0,7	0,45	0,35	0,3	0,22	0,24	0,22	0,2	0	
Возрастные группы в 2020 г.		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Всего
Год рождения		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2017	
Остаток к началу 2020 г., млн экз.		0,0044	10,8493	13,0215	28,49	206,58	8,877	0,4632	0,1564	0,0067	0,0324	0,0011	0,001	268,483
Доля рыб промысловой длины в возрастных группах, %		0	0	37	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Численность рыб, млн экз.	непромысловой длины	0,0044	10,8493	8,2035										19,0572
	промысловой длины			4,818	28,49	206,58	8,877	0,4632	0,1564	0,0067	0,0324	0,0011	0,001	249,4258
Средняя масса 1-го экз., кг				0,278	0,504	0,823	1,237	0,692	1,972	2,473	3,073	3,852	4,2	
Промысловый запас, тыс. т				1,3394	14,359	170,015	10,98	0,7837	0,3084	0,0166	0,0996	0,0042	0,0042	197,911

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Расчет корректировки ОДУ приморского минтая на 2020 г. выполнен, исходя из величины его промыслового запаса, оцененного с использованием новых данных, полученных в 2019 г. Предполагается, что в 2020 году в промысловом запасе по-прежнему будет доминировать сверхурожайное поколение 2014 г. рождения, при этом его доля в общей биомассе половозрелых рыб будет составлять около 82,8 %. Согласно правилу регулирования промысла приморского минтая и, исходя из ожидаемой средней величины промысловой биомассы (197,9 тыс. т), рекомендуется установить величину ОДУ минтая в подзоне Приморье на уровне 28,7 тыс. т. В этом случае величина ОДУ для минтая в подзоне Приморье на 2020 г. будет скорректирована в сторону увеличения с 18,1 до 28,7 тыс. т, т.е. на 10,6 тыс. т, выше от величины ОДУ, разработанной ранее по данным исследований 2018 г. При этом надо учитывать, что к 2021 г. в результате смертности численность поколения 2014 г. уменьшится практически в 3 раза, поэтому рекомендуемая величина промышленного изъятия составит лишь незначительную часть от общей убыли промысловой биомассы приморского минтая.

Учитывая, что значительную долю запаса выше м. Золотой составляет западносахалинский минтай, численность которого в настоящее время крайне низка, а также то, что в северной половине подзоны Приморье вдоль российского материкового побережья северо-западной части Японского моря из всего объема в последние годы учитывается не более 1-5 % от общего запаса, величина возможного изъятия в водах Хабаровского края составит около 0,5 тыс. т, а в пределах Приморского края (южнее м. Золотой) – 28,2 тыс. т.

Таким образом, на основе представленных расчетов предлагается **корректировка ОДУ минтая в подзоне Приморье (Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн) на 2020 г. в сторону увеличения на 10,6 тыс. т (с 18,1 тыс. т до 28,7 тыс. т).**

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Предосторожный подход при оценке состояния ресурсов промысловых гидробионтов, щадящие коэффициенты изъятия при определении величины общего допустимого улова, а также выбор орудий лова исключают нарушение баланса – воспроизводство-изъятие, основного принципа рационального использования возобновляемых природных ресурсов.

Рыбный промысел в подзоне Приморье носит многовидовой характер. Подавляющая часть маломерных и малых судов в качестве орудий лова при промысле минтая и других видов рыб применяют снюрреводы, что по сравнению с донными тралами, которые могут наносить определенный ущерб донным сообществам, из-за уменьшения площади облова в меньшей степени оказывает влияние на донные биоценозы. В 2019 г. промысловая часть стада приморского минтая на 85 % будет представлена особями

урожайного поколения 2014 г. рождения, поэтому продолжится рост его запасов, и промысловая нагрузка в 11 % от прогнозируемой величины общего промыслового запаса не окажет негативного влияния на уровень его воспроизводства.

Треска (*Gadus macrocephalus*)

67.01 - Зона Чукотская,

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская

Исполнитель: А.Б. Савин (Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»))

Кураторы: Н.П. Антонов, А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 29.10.2019 г. № 610 «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов... на 2020 г.» величины ОДУ трески в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах утверждены в объеме 86,0 тыс. т и 14,0 тыс. т соответственно. При этом допустимо перераспределение объемов вылова между зонами без превышения суммарной величины ОДУ (100,0 тыс. т).

Анализ доступного информационного обеспечения

Использованы материалы учётных съёмок, проведённых в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) на исследовательских судах «ТИНРО» в 1999, 2001, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2017 гг. Также привлечены материалы сборов биологов-наблюдателей, проработавших на ярусном промысле трески в 2012, 2013, 2014, 2016 и 2018 гг. Проведено сравнение оценки учётного запаса, полученной в 2019 г. только для Олюторско-Наваринского района, с предыдущими результатами по методу совпадающей части полигонов исследований [Савин, 2012].

Промысловая статистика за период с 1995 до 2019 гг. получена из Отраслевой системы мониторинга рыболовства, а также статистики промысла за период с 1980 по 1994 гг. ВРПО «Дальрыба».

Доступны следующие данные по годам промысла с 1999 по 2019 гг.:

– матрица вылова (тыс. экз.) трески по возрастным группам с 1-го до 11-го года. В прогнозе использованы материалы «КамчатНИРО» по возрастному составу промысловых уловов по годам за период с 1999 по 2007 гг. Расчёт возрастного состава уловов, начиная с 2008 г., выполнен в «ТИНРО»;

– средняя масса рыб по возрастам и годам промысла, а также среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанные с использованием результатов биологических анализов.

Таким образом, имеющиеся данные соответствуют первому уровню информационного обеспечения. Поскольку последний год наблюдаемого возрастного состава 2017 г., то для 2018-2020 гг. возрастной состав пересчитан по обратной формуле когортного анализа Поупа.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Запас трески за период с 1999-2017 гг. оценивается методом «SYNTHESIS», алгоритм которого реализован в компьютерной программе «Methods» версии 3.06 – подготовленной в «КамчатНИРО» и параметрами когортной модели после настройки.

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам предварительно рассчитан в процессе реализации вышеуказанной программы по методике Тюрина [1972]. В полученные данные МКЕС внесены поправки с учётом средневзвешенного параметра для возрастов, полностью вступивших в промысел.

Также отдельные параметры для формирования Принципа регулирования промысла (ПП), как например F_{tr} и V_{tr} рассчитывались по программе COMBI 4.0 по данным промысловой статистики за период с 1980 по 2017 гг.

Запас на предпрогнозный 2019 и прогнозный 2020 гг., а также величина ОДУ рассчитывались с помощью обращенной когортной процедуры Поупа:

$$N_{i+1,j+1} = \frac{N_{i,j} - C_{i,j} \exp\left\{\frac{M_i}{2}\right\}}{\exp\{M_i\}},$$

где N – численность возрастной группы в стаде, C – численность возрастной группы в улове, M – естественная смертность, j – индекс года промысла, i – индекс возрастной группы.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Тихоокеанская треска является придонно-пелагическим, а по характеру ареала – преимущественно бореальным тихоокеанским видом. Батиметрический диапазон её обитания лежит в пределах от глубин менее метра до 600–800 м. Глубже 250–300 м в большинстве районов её встречаемость резко уменьшается. Распространена треска в северной части Тихого океана от Берингова пролива на юг по американскому побережью до Калифорнии и по азиатскому побережью почти повсеместно на указанных глубинах в Беринговом, Охотском и Японском морях.

На шельфе северо-западной части Берингова моря треска обитает почти повсеместно от района у м. Олюторский на северо-восток к м. Наварин. В Анадырском заливе она встречается в зависимости от сезона – в летне-осенний период, в разгар нагула – также повсеместно за исключением его северной части, лежащей в районе зал. Креста. В период нагула она проникает также и в Берингов пролив. В зимне-весенний период – во время зимовки и нереста большая часть опускается на внешнюю часть шельфа и верхний отдел склона у м. Наварин, а также на отдельных участках в районе между мысами Олюторский и Наварин.

Треска нерестится в январе–мае на внешней части шельфа и верхней части континентального склона в районе м. Наварин, а также на хребте Ширшова у м. Олюторский.

В районе заливов и бухт предполагается присутствие так называемой «прибрежной» трески – нерестящейся в них и не совершающей сезонных миграций на внешнюю часть шельфа.

Треска относится к среднецикловым видам, так как живет до 15 лет, достигая 115 см длины АС и массы 18 кг. В Беринговом море она впервые начинает созревать в среднем на третий – четвёртый год жизни при длине тела 35–45 см и массе 1,0–1,8 кг. Соотношение полов в скоплениях обычно близко 1:1 с незначительным смещением в пользу самок. Возраст массового 5,3 года. Согласно построенной таким образом зависимости, на шестой год половозрелыми были 0,65 частей особей, а с седьмого по десятый год их доля увеличивалась с 0,83 по 0,99 (рис. 1).

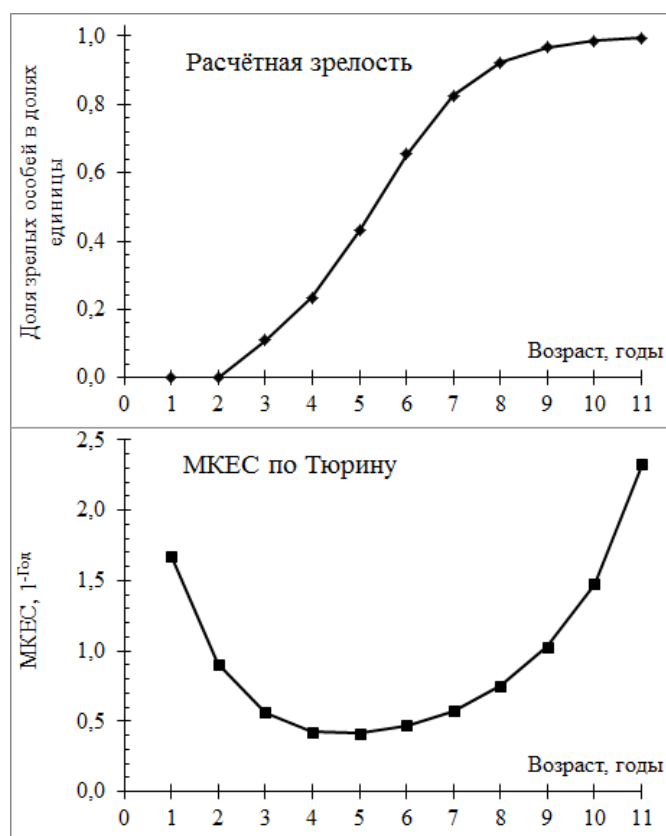


Рис. 1. Среднемноголетняя изменчивость в скоплениях трески северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны): доли зрелых особей и мгновенного коэффициента естественной смертности

Зависимость МКЕС от возраста, также предварительно построено по упомянутой программе согласно методике Тюрина. Для уточнения данной кривой построена регрессия для возрастных групп полностью вступивших в промысел вида $Z_j = qf_j + M$, где Z – общая и естественная смертность, q – коэффициент улавливаемости, f – годовое промысловой усилие. Z_j определялось по отрицательному логарифму отношения численностей (n) возрастных групп, на год старше полностью вступивших в промысел к численности вступивших в промысел:

$$Z_j = - \ln\left(\frac{n_{j,i}}{n_{j,i-1}}\right).$$

Полностью вступившими в промысел считались четырёхгодовики и все более старшие группы. Соответственно в числителе будет численность пятигодовиков и более старших возрастных групп.

Разница между найденной таким образом смертностью для возрастов 4–11 года и средневзвешенной МКЕС, найденной по Тюрину для этих же возрастов и оказалась поправкой для всех возрастов промыслового стада.

Таким образом, применённая в расчётах МКЕС для всех лет промысла, оказалась наименьшей для пятигодовиков, составив 0,417, притом, что у годовиков она равнялась 1,671, а у десяти- и одиннадцатигодовиков - 1,476 и 2,326 соответственно.

Пополнение по годам промысла представлено по Аллену [Allen, 1968] (рис. 2). Оно менялось с – 0,65 (2006 г.) до 0,97 (2001, 2016 и 2017 гг.). В последние четыре года – с 2014 по 2017 гг. отмечено экстремально высокое пополнение – более 0,93. Что и определяет значительный рост запасов.

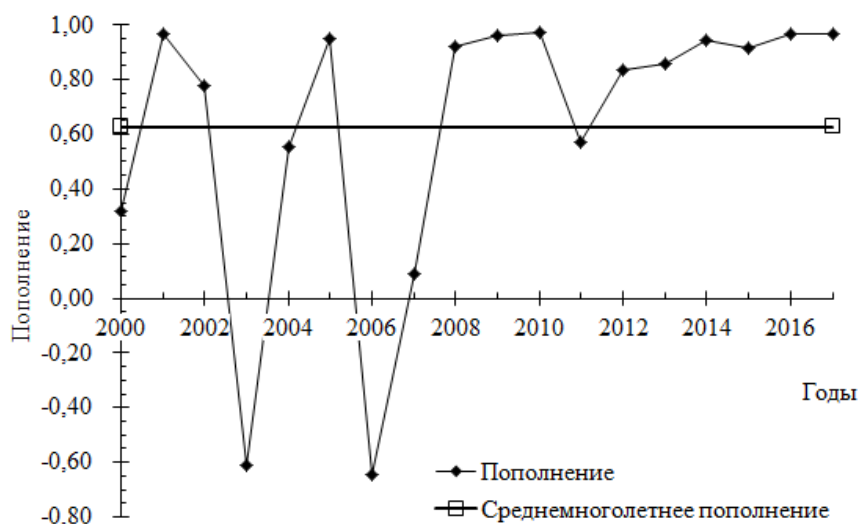


Рис. 2. Пополнение промыслового стада трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) по Аллену [Allen, 1968]

Треска обладает сравнительно большим весовым темпом роста. Если годовики весят 0,045 кг, то пятигодовики – группа среднего возраста наступления половозрелости – 2,999, а десяти- и одиннадцатигодовики – 10,273 и 11,567 кг соответственно.

Среднемноголетний размерный состав уловов трески зависит от орудия лова (рис. 3). В траловых уловах она встречается длиной от 7 до 105 см, при том, что их основу (92,3 %) образуют особи длиной 27–71 см. Средняя длина траловой трески равна 50,13 см. В ярусном улове особи заметно крупнее – от 43 до 113 см, притом, что их основу – также 92,3 %, образуют особи длиной 47–77 см. Средняя длина ярусной трески равна 62,82 см.

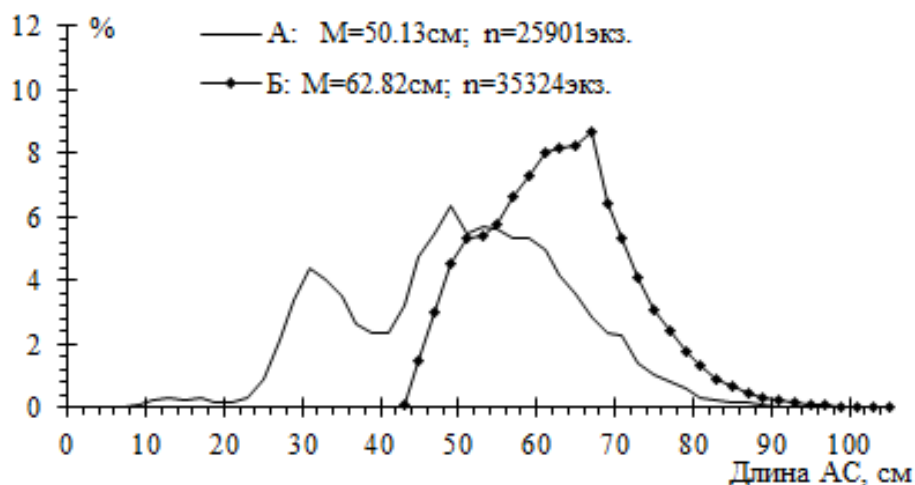


Рис. 3. Среднеголетний размерный состав численности скоплений трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) в уловах: А – донных траловых съёмках 2012–2017 гг., Б – ярусов 2012–2018 гг.

Возрастной состав в траловых уловах трески обычно включает в себя одиннадцать-двенадцать возрастных групп, начиная с годовиков. При этом модальными группами в разные годы могут быть от 2-х до 5-ти-годовиков (рис. 4А). Наибольшую часть по численности дают обычно 2-х-5-ти годовики (89,5 %), а по биомассе – 2-х-6-ти годовики (81,4 %).

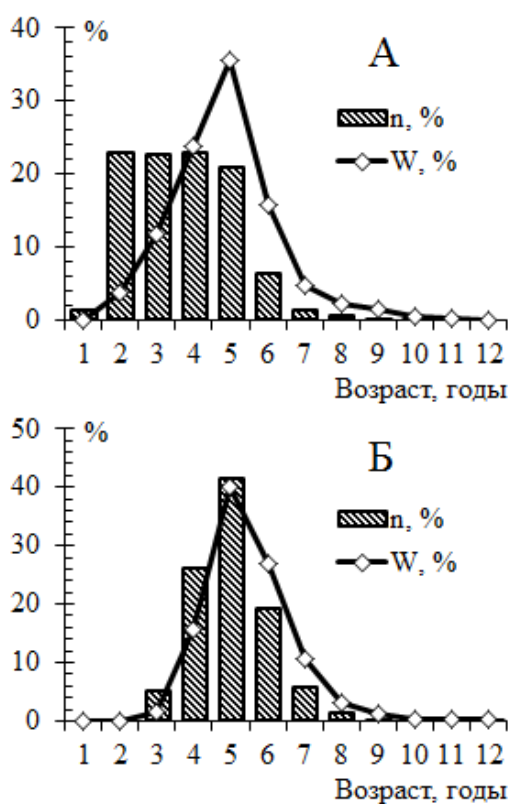


Рис. 4. Среднеголетний возрастной состав численности (n) и биомассы (W) скоплений трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) в уловах: А – донных траловых съёмках 2012–2017 гг., Б – ярусных уловов 2012–2018 гг.

В ярусных уловах трески встречается только с 3-х лет, а модальными обычно являются только 5-годовики (рис. 4Б; рис. 5). Основу её численности составляют 4-х-6-ти-годовики (87,0%), а биомассы – 4-7-годовики (93,4%).

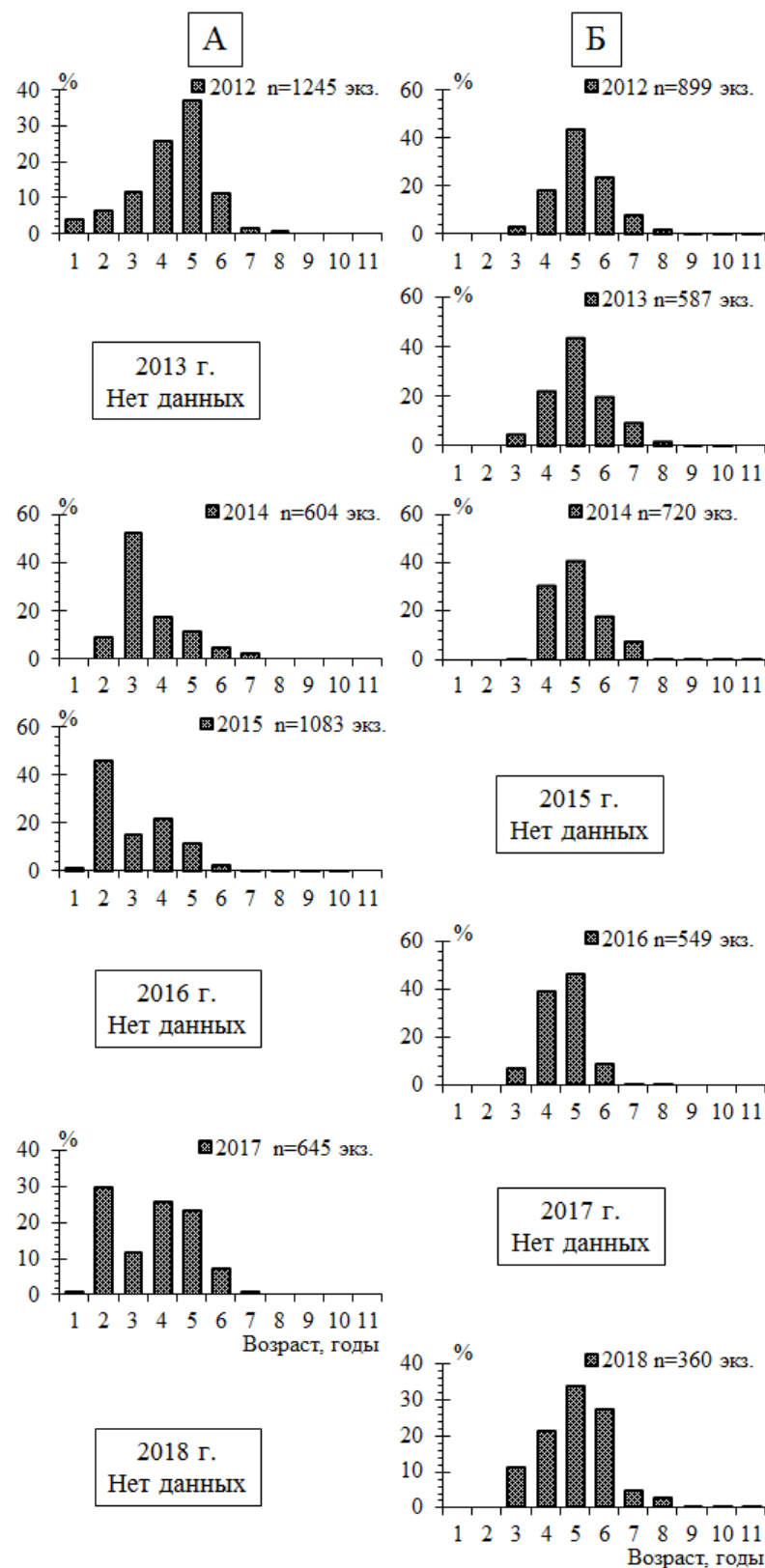


Рис. 5. Среднемноголетний возрастной состав уловов трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) по результатам: А – траловых съёмок (2012–2017 гг.); Б – ярусных уловов (2012–2018 гг.)

Возрастной состав трески траловых уловов указывает на появление урожайных поколений экстремально высокой долей отдельных возрастных групп (рис. 5 А). Так, поколение 2011 года рождения занимает относительно высокую долю 3-х-годовиков на возрастном составе 2014 г. и 4-х-годовиков в 2015 г. Поколение 2013 года рождения – 2-х-годовиков в 2015 и 4-х-годовиков в 2017 г. Поколение 2015 года рождения – 2-х-годовики в 2017 г.

Данные по возрастному составу траловой трески в 2018 г. отсутствуют, однако по этому году имеется возрастной состав ярусной трески (рис. 5 Б). Эти данные подтверждают высокую урожайность поколения 2015 года рождения: относительная доля 3-х-годовиков в 2018 г. составляет 11,1 %, хотя в предыдущие годы – в 2012–2016 гг. их доля колебалась в пределах 0,7–6,5 %.

Учётные запасы трески, полученные по результатам донных траловых съёмок, показали значительные межгодовые флюктуации. Если в 1999–2002 гг. они колебались в пределах 63,43–110,58 тыс. т, а в 2004–2012 гг. – 314,38–653,75, то с 2015 по 2017 произошёл значительный рост соответственно с 814,33 до 1227,3 тыс. т (рис. 6).

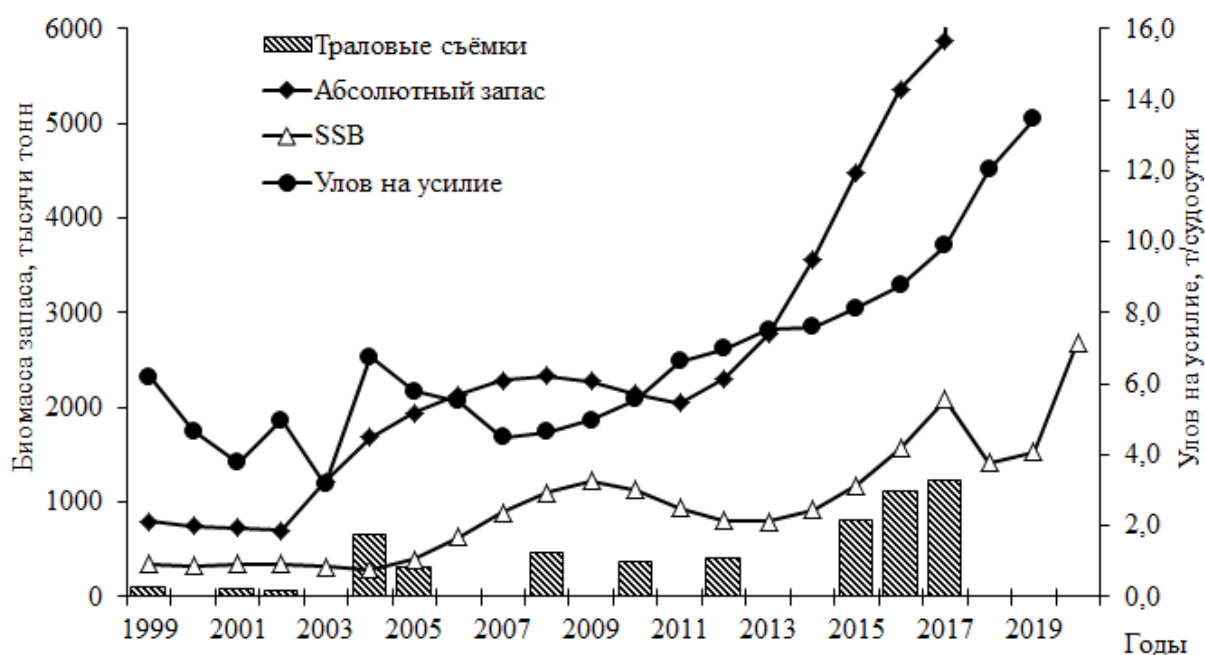


Рис. 6. Динамики биомассы запасов трески северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) и показателя величины её улова на судосутки

В 2019 г. удалось провести съёмку только на части акватории – в Олюторско-Наваринском районе. Поэтому сравнение с предыдущими оценками запасов по донным съёмкам проведено по совпадающим частям полигона (рис. 7). Таким образом, отмечен рост относительной биомассы трески с 66,0–87,5 % в 2015–2017 гг. до 100 % в 2019 г.

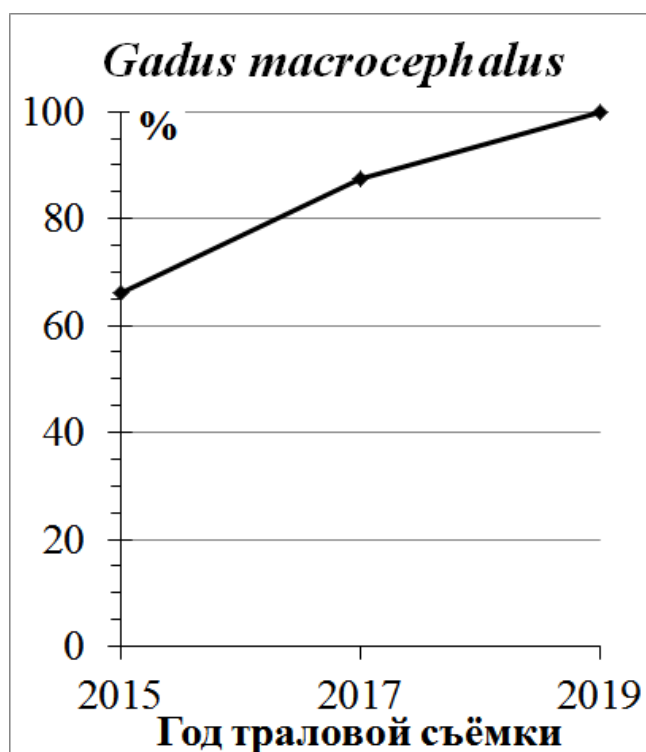


Рис. 7. Динамика относительной биомассы трески в Олюторско-Наваринском районе 2015–2019 гг. по материалам траловых съёмок в границах совпадающей части полигонов в % к уровню 2019 г.

К оценкам запасов, полученным благодаря учётным съёмкам, близки тенденции изменений величин запасов SSB (нерестовая биомасса), полученным по программе «SYNTHESIS» методом когортного анализа. Так, если в 1999–2003 гг. SSB колебался в пределах 321–344 тыс. т, то к 2009 г. он вырос до 1224 тыс. т, после чего к 2013 г. наметился спад до 793 тыс. т и новый рост к 2017 г. до 2080 тыс. т. Прогнозные его оценки в 2018–2019 гг. снизились до 1415–1531 тыс. т ввиду уменьшения биомассы урожайного поколения 2011 года рождения в связи с его выходом из промысла. Новый рост к 2020 г. до 2691 тыс. т обеспечит урожайное поколение 2015 и, в меньшей степени – 2013 годов рождения.

Динамика показателя величины улова на единицу промыслового усилия в 1999–2007 гг. была не столь схожа с динамикой запасов, поскольку колебалась в довольно широких пределах от 3,17 до 6,75 т/судосутки, показывая в отдельные годы довольно высокие уловы. В последующем, также как и у описанных выше динамик, произошёл их рост к 2010–2014 гг. до 5,55–7,59 т/судосутки. Начиная с 2015 года, наблюдалось ежегодное увеличение этого параметра. Так, если в 2015–2016 гг. он составлял 8,14–8,77 т/судосутки, то в 2018–2019 гг. достиг 12,02–13,45 т/судосутки.

На формирование экстремально высоких запасов трески северо-западной части Берингова моря в последние годы оказывают два фактора. Первый – это появление урожайных поколений 2011, 2013, 2015 годов рождения. Второй – экстремальное потепление, благодаря чему восточноберингоморская треска в летний период в массе мигрирует в

российские воды. И если влияние урожайных поколений на общую численность может быть учтено, то спрогнозировать состояние океанологических условий среды возможно только на текущий год. Поэтому прогнозная величина ОДУ на 2020 г. будет представлена с некоторым занижением от расчётной величины.

Промысел трески в северо-западной части Берингова моря осуществляется тремя видами орудий лова: снюрреводами, тралами и ярусами. Их приблизительные доли в общем улове в среднем в прошедшие годы (2011–2019 гг.) составили соответственно 13, 21 и 66%. Однако, пространственное распределение их промыслов неодинаково. Траулеры и снюрреводоловы работают непосредственно в районе м. Наварин и к западу от него. Ярусный промысел охватывает как указанный район Западно-Берингоморской зоны, так и район п-ова Чукотский в Чукотской зоне.

Стабильная промысловая обстановка позволила наращивать объёмы вылова до 28,1–30,2 тыс. т в 2015–2016 гг. и до 65,77–85,4 тыс. т в 2018 – на начало декабря 2019 гг. соответственно. При этом освоение ОДУ колебалось в пределах от 65,0 % в 2014 г. до 99,1 % в 2011 г. (табл. 1).

Таблица 1

Вылов трески в северо-западной части Берингова моря – объединённые данные по Западно-Берингоморской и Чукотской зонам в 2013–2019 гг., тыс. т

Зона	Вид промысла	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Западно-Берингоморская	Отечественный	18,06	23,07	19,8	21,44	31,47	60,86	77,04
	Иностраный	2,33	2,48	3,55	3,57	3,83	4,01	4,36
Чукотская	Отечественный	4,86	2,98	4,78	5,23	6,63	3,17	4,00
Общее	Вылов (сумма)	25,25	28,53	28,13	30,24	41,93	68,04	85,40
	ОДУ	32,6	43,9	32,3	33,5	43,6	80,0	100,0
Освоение ОДУ, %		77,5	65,0	87,1	90,3	96,2	85,1	85,4

Примечание: * – на 02.12.2019 г.

Определение биологических ориентиров

В рамках предосторожного подхода рекомендуется занижать ориентиры по промысловой смертности и завышать граничный ориентир по нерестовой биомассе (B_{lim}) на ошибку, умноженную на критерий Стьюдента [Бабаян, 2000]. Таким образом, ориентиры управления для правила регулирования промыслом (ПП) скорректированы:

- целевой ориентир по биомассе $B_{tr} = BMSY = 1123,21$ тыс. т;
- граничный ориентир по нерестовой биомассе $B_{lim} = B_{Loss} = 291,08$ тыс. т;
- предосторожный ориентир по нерестовой биомассе $B_{ra} = B_{lim} \times e^{1,645s} = 375,62$ тыс. т;
- граничный ориентир по промысловой смертности $F_{lim} = F_{Loss} = 0,588$ год⁻¹;
- предосторожный ориентир по промысловой смертности $F_{ra} = F_{lim} \times e^{-1,645s} = 0,540$ год⁻¹;

– целевой ориентир по промысловой смертности $F_{tr} = FMSY = 0,105$ год⁻¹;

– величину F_0 приняли равной нулю.

В вышеприведённых формулах 1,645 – это значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности 95 % логнормальной случайной величины; s – мера неопределённости, выраженная в единицах стандартной ошибки (σ), полученная в результате 1000 перевыборок (бутстрепа).

Обоснование правила регулирования промысла

С использованием предосторожных ориентиров управления выводится следующее кусочно-линейное ПРП (рис. 8), из которого следует, что в 2019-2020 гг. промысловая нагрузка ожидается ниже предосторожной и граничной. В 2020 г. нерестовый запас ожидается очень высоким. Если рекомендовать к вылову ОДУ с учётом целевого ориентира $F_{tr} = 0,105$, то вылов составит 270 тыс. т. Существенный рост SSB рождает неопределённость ориентиров, что приводит к чрезвычайно предосторожному ПРП. Ещё большая неопределённость связана, как это было описано выше, с условиями нагула в летний период прогнозного года. Тёплый год, как это было в 2017-2019 гг., вызывает массовые миграции в район восточноберингоморской трески. В случае холодного лета может произойти значительное падение биомассы трески, нагуливающейся в российской зоне.



Рис. 8. Правило регулирования промысла трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) и оценка его реализации с 2011 по 2019 гг. и прогноз на 2020 г.

Прогнозирование состояния запаса

Запас на 2020 г. рассчитывается с помощью, обращенной когортной процедуры с учётом селективности облавливаемых возрастных групп.

Расчётная величина SSB для 2017 г. составила 2079,48 тыс. т. При том, что прогностические цифры SSB с 5 % вероятностью для 2020 г. составили 2 691 тыс. т.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Величину ОДУ на i -й прогнозный год рассчитывали также с помощью программы «ТАС».

Согласно ПРП на 2020 г., с учётом предосторожного подхода $F_{rec\ i} = F_{tr} = 0,105$ год⁻¹, поскольку для этого года $B_i > V_{tr}$. ОДУ, таким образом, составит 268 тыс. т, что более чем вдвое больше ОДУ для предыдущего 2019 г. (табл. 2). Здесь $F_{rec\ i}$ – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Однако следует отметить, что, во-первых, треске этой части моря присущи значительные межгодовые флюктуации запасов от 291 (2004 г.) до 2079 тыс. т (2017 г.); во-вторых, высокий уровень биомассы запасов в северо-восточной части Берингова моря, отмеченный в 2015–2019 гг. в том числе и по траловой съёмке связан также и с установившимися благоприятными условиями нагула, из-за чего в нашу зону из восточной (американской) части моря мигрировала в летний период заметная часть скоплений трески; в-третьих, при экстремально высокой численности увеличится и её естественная смертность, что снизит запас в 2020 г. по сравнению с прогнозным показателем. Учитывая указанные негативные риски, в условиях высокой неопределённости, рекомендуется ограничить ОДУ объемом 120,0 тыс. т.

Судя по численности младших возрастных групп в различные годы промысла с 1999 по 2017 гг., урожайными являются поколения 2002, 2011, 2013 и 2015 годов рождения (рис. 9). Из них два последних будут определять высокую биомассу запаса трески в прогнозном 2020 г.

Таблица 2

Состояние запаса трески в 2017 г., прогностические данные её численности на 2018–2020 гг. и ОДУ в 2019–2020 гг. в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах

Возраст рыб (<i>j</i>)	Абсолютная численность на начало года (N_j)				Селектив- ность (S_j)	Доля зрелых особей (p_j)	Средний вес особи (w_j)	МКЕС (M_j)	ОДУ	ОДУ
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.					2019 г.	2020 г.
годы	тыс. экз.	тыс. экз.	тыс. экз.	тыс. экз.	в долях единицы	в долях единицы	кг	1/год	тонн	тонн
1	3409388	385000	385000	385000	0,003	0,000	0,043	1,671	1	0
2	2403185	641322	72420	72410	0,096	0,000	0,290	0,905	43	0
3	1015982	970907	259027	29195	0,820	0,100	0,836	0,564	3709	90
4	749655	572850	546020	144055	1,000	0,267	1,696	0,424	19346	2921
5	263773	484534	368953	348151	0,989	0,433	2,844	0,417	21686	19024
6	238987	171704	314320	236958	0,973	0,600	4,232	0,469	27036	26249
7	62995	147732	105787	191570	0,956	0,800	5,805	0,576	12274	38134
8	20626	35005	81828	57876	0,940	0,910	7,507	0,753	12074	16666
9	10318	9607	16253	37431	0,925	0,970	9,289	1,029	2918	13988
10	3418	3649	3387	5622	0,909	1,000	11,105	1,476	714	2544
11	797	773	823	743	0,894	1,000	12,919	2,326	199	385
SSB:	2079 тыс. т	1415 тыс. т	1531 тыс. т	2676 тыс. т	–	–	–	–	100 тыс. т	120 тыс. т

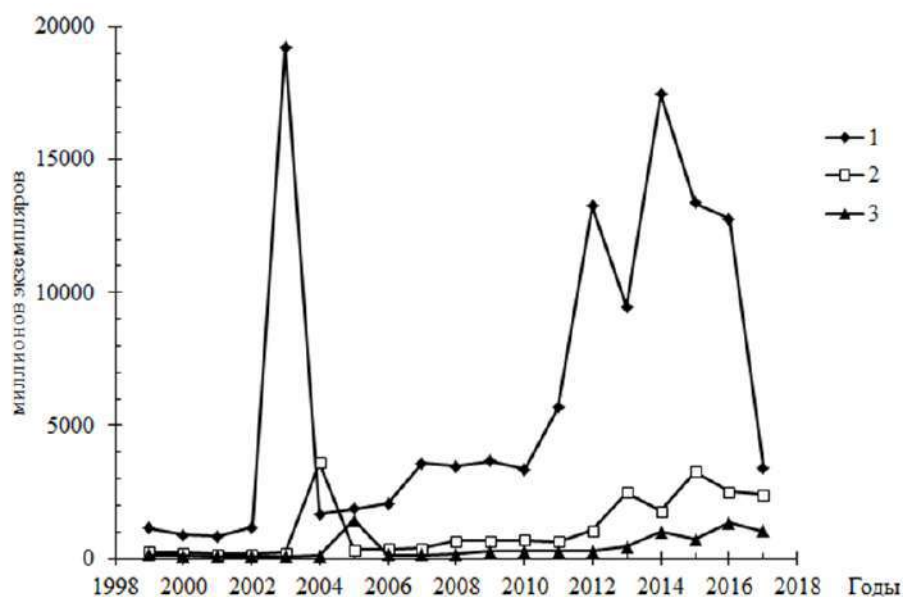


Рис. 9. Численность 1-3 годовиков трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны), оценённая в модели «SYNTHESIS»

Используя довольно приблизительную методику Малкина [1995] расчёта ОДУ по известному промысловому запасу (2676 тыс. т) в зависимости от среднемноголетнего возраста созревания самок (6-ти-годовики – допустимая доля изъятия – 20,7%), получим предел годового вылова, равный 554 тыс. т. Это существенно больше предлагаемого значения допустимого улова. Занижение ОДУ в данном случае связано с тем, что экстремально высокий запас трески связан не только с поступлением в промысловое стадо урожайных поколений, но и с массовыми миграциями в промысловую зону восточноберингоморской трески. Сохранятся или нет в 2020 г. внешние условия, способствующие подобным массовым миграциям трески, неизвестно.

Объём ОДУ на 2020 г. предлагается разделить по зонам следующим образом: в Западно-Берингоморской – 105 тыс. т и в Чукотской – 15 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Тестирование стратегии управления заключалось в оценке вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса (SSB) не опустится ниже граничного ориентира по биомассе с учётом предосторожного подхода (Вра).

В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена по итогам 2000 итераций по программе ТАС. В рамках рекомендованного ОДУ в 2020 г. вероятность преодоления Flim незначительна и составляет менее 0,01 даже при годовом вылове 500 тыс. т (рис. 10).

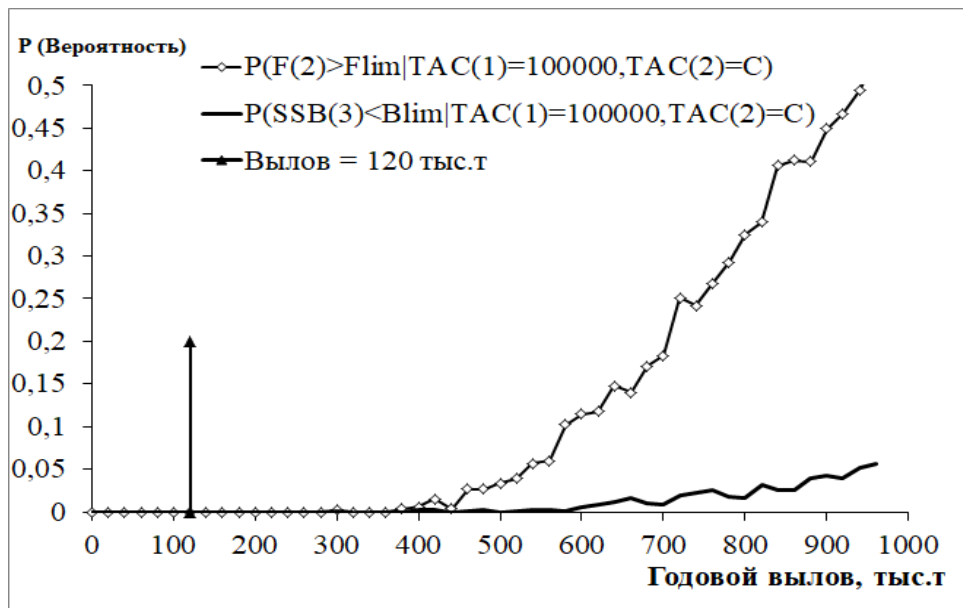


Рис. 10. Вероятность (P) пересечь $F_{ра}$ и V_{lim} при различном улове (C, т) в 2020 г. при полном освоении ОДУ в 2019 г.

Вероятность падения SSB ниже V_{lim} к 2020 г. невелика и составляет 0,08–0,10 при условии нахождения годовых уловов 2019 и 2020 гг. в рамках рекомендованного ОДУ. Если эти вероятности меньше уровня $\alpha = 0,1–0,2$, то стратегию управления можно принять [Бабаян, 2000].

Анализ рисков показывает, что SSB не опустится ниже биологического ориентира по пределу граничной нерестовой биомассы V_{lim} до 2024 г. включительно, а предосторожный параметр $B_{ра}$ – до 2023 г. Лишь в отдалённой перспективе есть вероятность того, что SSB опустится ниже указанных величин (рис. 11).

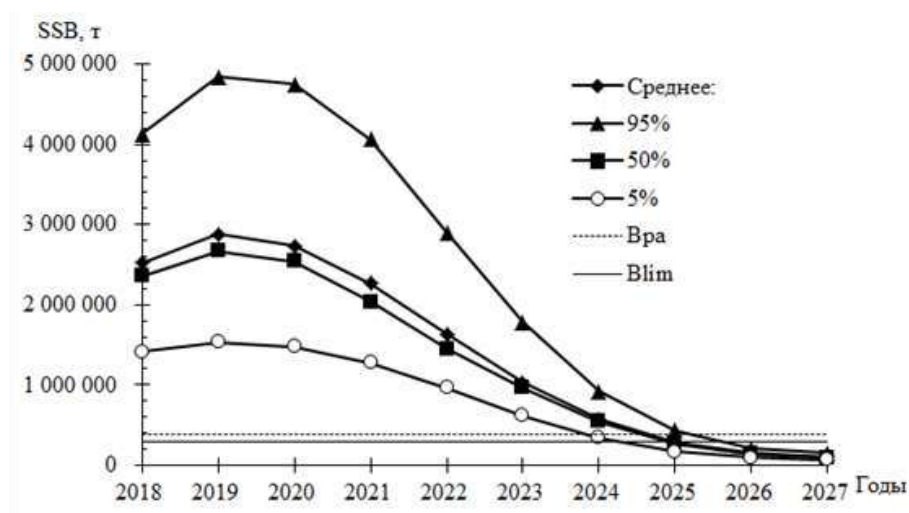


Рис. 11. Процентили распределения прогноза SSB (т) трески при рекомендуемой целевой $F_{тр} = 0,105$ и более низких F согласно ПРП в зоне восстановления

Таким образом, можно рекомендовать увеличить вылов в 2020 г. в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах до 120 тыс. т трески.

Указанную величину предлагается разделить по зонам исходя из сложившейся тенденции соотношения среднегодовых уловов: в Западно-Беринговоморской зоне – 105,0 тыс. т и в Чукотской зоне – 15,0 тыс. т.

Таким образом, на основе представленных расчётов предлагается корректировка **ОДУ трески в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах** (Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн) на **2020 г.** в сторону увеличения в **Западно-Беринговоморской зоне на 19,0 тыс. т (с 86,0 тыс. т до 105,0 тыс. т), в Чукотской зоне на 1,0 тыс. т (с 14,0 тыс. т до 15,0 тыс. т).** При этом допускается перераспределение объёмов общих допустимых уловов трески между Западно-Беринговоморской и Чукотской зонами без превышения суммарного объёма общего допустимого улова указанного вида водных биоресурсов (**120,0 тыс. т**).

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Расчёт ОДУ выполнен в рамках предосторожного подхода, что должно минимизировать вероятное воздействие на запас трески. Промысел трески выполняется в рамках требований действующих Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

Краб камчатский (*Paralithodes camtschaticus*)

Баренцево море

Исполнители: С.В. Баканев, А.В. Стецько (Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО») («ПИНРО» им. Н.М. Книповича))

Куратор: С.В. Горянина (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Оценка состояния запаса камчатского краба в Баренцевом море в 2019 г. и корректировка его ОДУ на 2020 г. выполнены с помощью стохастической продукционной модели, а также вспомогательных трендовых методов, основанных на анализе промысловой статистики и данных исследовательских съемок.

В качестве входных данных при моделировании динамики запаса использованы индексы численности краба, полученные по данным траловых съемок 1994-2011 и 2017-2019 гг., стандартизированный улов на усилие в промысловые сезоны 2007-2019 гг., средний улов промысловых самцов на ловушку по результатам прибрежных ловушечных съемок 2009-2019 гг., а также величины промыслового запаса на акватории промысла в 2007-2019 гг., рассчитанные по модели истощения Лесли. Величину вылова вычисляли по ежесуточным донесениям, поступающим со всех промысловых судов по системе «Рыболовство» отраслевой системы мониторинга. Кроме того, для анализа промыслово-биологических показателей популяции, производительности и селективности промысла использовали данные наблюдателей за 2017-2019 гг. на промысловых судах.

Траловую съемку камчатского краба проводили в августе-сентябре 2017-2019 гг. на МК-0520 «Профессор Бойко» в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) Российской Федерации в Баренцевом море на акватории четырех промысловых районов (*рис. 1*): Канинской банки, Мурманского мелководья, Восточного Прибрежного района и Канино-Колгуевского мелководья.

Траления выполняли донным тралом (чертеж 22М), горизонтальное раскрытие которого составляло 12 м, вертикальное – 2 м; ячея кутка - 45 мм; ячея рубашки – 16 мм. Использовали грунтроп типа «Rockhorper» длиной 12 м с дисками диаметром 400 мм. Длительность тралений составляла 15 мин, средняя скорость хода с тралом – 2,5 узла. Обработку данных производили в ГИС «Картмастер 4.1» (ВНИРО, Россия). Расчеты выполняли методом 2D-сплайна (без учета глубины) с дополнительным анализом методом Bootstrap с определением минимального, среднего и максимального индексов промыслового запаса.

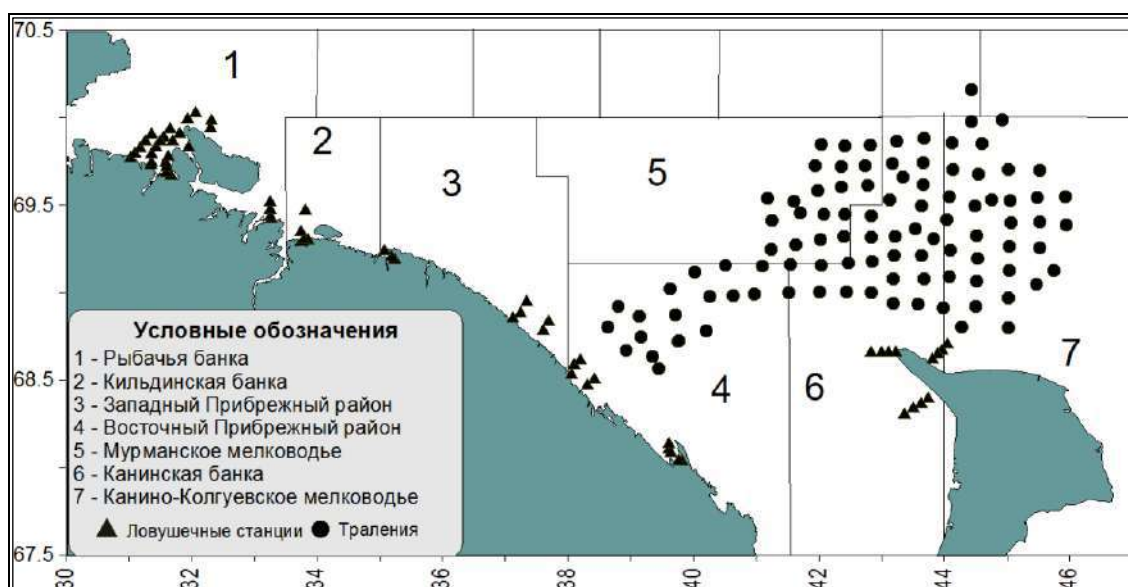


Рис. 1. Положение траловых станций (точки) и ловушечных постановок (треугольники) в ходе съемок камчатского краба в ИЭЗ Российской Федерации и в территориальных водах Российской Федерации в Баренцевом море и сопредельных водах Белого моря в 2019 г.

Площадь акватории, на которой выполнялись исследования краба в 2017 г. составила 20548 км², в 2018 г. – 36770 км², в 2019 г. – 32520 км². Расчет индексов численности и биомассы камчатского краба выполняли для расчетных площадей по образцу 2018 г. Коэффициент уловистости трала принимали равным 1. При пересчете индексов 2017 г. дополнительно использовали данные 2018 г. по участку восточнее 45° в.д., поскольку эта область была не охвачена при проведении траловых исследований в 2017 г.

Данные траловых съемок, представленные в виде индексов биомассы, использовали для настройки параметров продукционной модели (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика первичного материала, собранного в траловых съемках баренцевоморского камчатского краба в ИЭЗ РФ в 2017-2019 гг.

Время сбора		Количество		
год	месяц	тралений, шт.	массового промера краба, экз.	биологического анализа краба, экз.
2017	VIII–IX	113	2918	2918
2018	VIII–IX	130	5806	4205
2019	VIII–IX	98	6003	4794

При проведении ловушечной съемки в 2019 г. в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации (см. рис. 1) биологическому анализу было подвергнуто 1920 экз. краба (табл. 2). Средний улов промысловых самцов на ловушку вблизи Кольского п-ова и п-ова Канин оценивался в ходе прибрежных ловушечных съемок в летние периоды 2008-2019 гг. Сбор материала производился при помощи донных конусных ловушек, время застоя которых составляло 12 часов.

Биологический анализ выполняли по методикам, принятым в научно-исследовательских институтах Росрыболовства.

Таблица 2

Характеристика первичного материала, собранного в ходе ловушечных съемок в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации Баренцева и сопредельных с ним вод Белого морей в 2008-2019 гг.

Время сбора		Количество			Средний улов на одну ловушку, экз.		
год	месяц	постановок ловушек, шт.	массового промера краба, экз.	биологических анализов краба, экз.	промысловых самцов	пререкрутов	молоди самцов
2008	VII	189	1185	1185	1,2	2,0	0,6
2009	VII-VIII	129	2358	2358	2,1	5,1	2,4
2010	VII	207	3286	3286	1,0	5,0	2,9
2011	VII-VIII	228	3100	3100	1,8	5,8	1,5
2012	VII	183	885	885	0,7	1,5	0,1
2013	VII	200	2098	2098	2,7	2,9	0,5
2014	VII	237	2032	2032	2,2	2,2	0,6
2015	VII	267	2593	2593	3,1	2,2	0,6
2016	VII	237	3941	3941	4,5	2,9	0,5
2017	VII-VIII	234	2495	2495	2,5	2,2	0,9
2018	VII	235	3252	3252	4,2	3,1	0,2
2019	VII-VIII	167	1920	1920	3,5	2,6	0,4

Стандартизированный улов на усилие в ходе промысловых сезонов, а также величины промыслового запаса на акватории промысла в 2008-2019 гг. оценивались на основе данных судовых суточных донесений отраслевой системы мониторинга «Рыболовство» (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика первичного материала, собранного в ходе промысла камчатского краба в Баренцевом море в 2008-2019 гг.

Время сбора		Количество				Информация наблюдателей ФГБНУ «ПИНРО»	
год	месяц	судов	судо-суток лова	промысловых операций	постановок ловушек, тыс. шт.	массовый промер, экз.	биологический анализ, экз.
2008	I-II, IX-XII	30	2389	7609	312	12009	10404
2009	IX-XII	29	1935	6526	285	23136	2042
2010	VIII-XII	22	1059	3338	134	14007	1817
2011	VIII-XI	15	468	1678	69	17273	11214
2012	VIII-X	13	484	1721	67	8152	8152
2013	VIII-X	10	318	1130	38	нет данных	нет данных
2014	IX-X	9	305	820	31	16307	9654
2015	IX-X	9	297	862	29	22595	20199
2016	IX-XI	10	420	1369	55	3280	3280
2017	IX-XI	10	501	1858	134	17921	5457
2018	IX-XI	11	480	1658	38	11098	11098
2019	IX-XI	12	494	2116	45	7621	7621

Информационная обеспеченность прогноза, в соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, отнесена к II уровню и позволяет разработать научно обоснованную корректировку ОДУ камчатского краба Баренцева моря на 2020 г. с применением продукционных моделей.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка состояния запаса камчатского краба Баренцева моря в настоящее время представляет собой комплексную процедуру, основанную на использовании как эмпирических методов анализа временных рядов различных популяционных параметров, так и аналитических моделей динамики численности популяции.

В 2017-2019 гг. на акватории основных промысловых скоплений после длительного перерыва были возобновлены траловые съемки запасов камчатского краба, результаты которых показали, что предыдущий подход к оценке запасов и биологических ориентиров нуждается в пересмотре. Минимальный доступный запас (т.е. запас, оцененный методом площадей без учета уловистости донного трала в отношении краба) оказался значительно выше модельных расчетов, основанных на ретроспективных данных ловушечных и траловых съемок, а также промысловых уловов на усилие.

С целью корректировки оценки запаса и ориентиров управления были выполнены расчеты по стохастической версии продукционной модели с дополнением в массив входных данных временного ряда индексов промыслового запаса камчатского краба, оцененного по траловым съемкам в 2017-2019 гг.

Продукционная модель Шеффера, реализованная в системе статистических вычислений [BUGS](#) (Bayesian inference Using Gibbs Sampler), выбрана по двум основным причинам:

- 1) возможность использовать в качестве входных данных несколько индексов (в нашем случае 5 временных рядов);
- 2) возможность оценивать параметры не только на основе фактических входных данных, но и на основе предположений об их возможных величинах (байесовский подход).

В дальнейшем, при увеличении временного ряда индексов биомассы, оцененных по траловым съемкам, до 5-6 лет, предполагается переход на модель CSA с оценкой промыслового запаса по функциональным группам.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

В 60–70-х годах прошлого века в Баренцево море было выпущено около 15 тыс. экз. камчатских крабов. К 1994 г. общая численность баренцевоморского краба увеличилась более чем в 100 раз, а биомасса достигла 6 тыс. т. В 1994–1998 гг. она сохранялась на уровне 8–10 тыс. т. С 1995 г. наблюдался постепенный рост промыслового запаса, биомасса которого в 2003–2005 гг. превысила 150 тыс. т. В 2006–2009 гг. отмечалось заметное снижение промысловой биомассы, а затем, с 2010 г., ее существенный рост до исторического максимального уровня в 2014 г. (рис.

2). По результатам моделирования динамики биомассы промыслового запаса, последние шесть лет он стабилен и варьирует в пределах 170-220 тыс. т. В последние три года отмечается незначительная тенденция к росту запаса от 176 тыс. т в 2017 г. до 196 тыс. т в 2019 г.

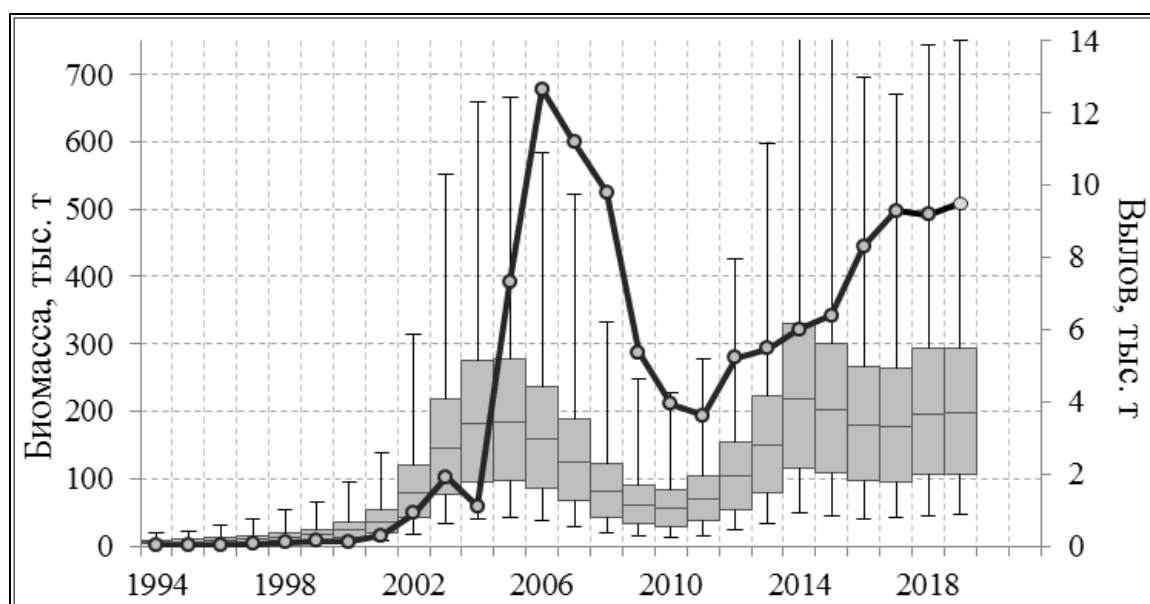


Рис. 2. Динамика биомассы промыслового запаса (диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал) и вылов камчатского краба в ИЭЗ Российской Федерации в Баренцевом море в 1994-2019 гг.

Согласно результатам ловушечной съемки, в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации в Баренцевом море в 2008-2016 гг. наблюдалась тенденция к увеличению уловов на усилие промысловых самцов и пререкрутов камчатского краба. В 2017-2019 гг. отмечали колебания ловушечных уловов промысловых самцов в пределах 2,5-4,2 экз./ловушку (см. табл. 2). Следует отметить, что в 2019 г., по причине сложных погодных условий и сокращения периода рейса, ряд участков в прибрежье Мурмана и п-ова Канин оказался недообследованным.

В 2019 г. на всей акватории исследований в уловах доминировали самки и непромысловые особи. Средняя суммарная доля самок, молоди и пререкрутов камчатского краба составила 55,2%, а число ловушек, в которых доля таких особей превышала 25% (сверхдопустимый прилов) – 81,4% (табл. 4).

Как и в предыдущие годы, наибольшее количество самок камчатского краба с наружной икрой распределялось в районе п-ова Канин и в Воронке Белого моря, а также на мелководьях вдоль всего побережья Мурмана. Пререкруты и молодь самцов краба вылавливались преимущественно на западе Мурмана, а также у северного побережья п-ова Канин. Тем не менее, в 2019 г. у Канинского прибрежья отмечали увеличение количества промысловых самцов в уловах, что может быть связано с особенностями миграций краба в рассматриваемый период.

Показатели количества ловушек со сверхдопустимым приловом и индекс уловов промысловых самцов в июле-августе 2008-2019 гг. в территориальном море и внутренних морских водах России в Баренцевом море и сопредельных с ним водах Белого моря

Год	Количество ловушек, шт.				Доля ловушек, %		Средний улов промысловых самцов, экз./ловушку
	всего выставлено	с уловом	без улова	со сверхдопустимым приловом	без улова (% от общего количества ловушек)	со сверхдопустимым приловом (% от ловушек с уловом)	
2008	189	108	81	103	42,8	95,3	1,2
2009	129	81	48	68	37,2	83,9	2,1
2010	208	149	59	138	28,4	92,6	1,0
2011	228	210	18	206	7,8	98,0	1,8
2012	175	124	51	109	29,1	87,9	0,7
2013	200	167	33	136	16,5	81,4	2,7
2014	237	215	22	185	9,3	86,0	2,2
2015	265	235	30	175	11,3	75,0	3,1
2016	241	238	9	180	3,7	75,6	4,5
2017	234	212	22	149	9,4	70,1	2,5
2018	235	231	4	190	1,7	82,3	4,2
2019	167	162	5	132	3,0	81,4	3,5

Результаты траловой съемки в ИЭЗ Российской Федерации в 2019 г. показали некоторое снижение уловов краба на акватории Мурманского мелководья и западной части Канинской банки, где обычно выставляют ловушечные порядки промысловые суда в начале промыслового сезона. Наиболее многочисленные скопления крабов (500 и более экз./ч траления) в 2019 г. распределялись преимущественно на акватории Канино-Колгуевского мелководья, в связи с чем, можно сделать вывод о продолжающемся распространении на восток основных скоплений промысловых самцов. Необходимо отметить, что в 2019 г. наблюдали специфическое распределение температуры воды в придонном слое: в южной части Канинской банки и Канино-Колгуевского мелководья она была менее 2,5 °С, что могло повлиять на миграции краба. В частности, основные скопления краба были отмечены к северу от данных участков, в температурном диапазоне 2,5-3,0 °С. Можно ожидать, что агрегированные скопления крабов в 2020 г. вновь сформируются на участках, на которых они отмечались в 2017-2018 гг. – центральной части Канинской банки и западной части Канино-Колгуевского мелководья.

По итогам расчетов на основе данных траловой съемки 2019 г., средние индексы промысловой биомассы и численности камчатского краба в ИЭЗ Российской Федерации Баренцева моря на стандартизированной площади 36770 км² составили 161,4 тыс. т и 45,2 млн экз., соответственно (табл. 5).

Промысел камчатского краба в Баренцевом море ведется с 2004 г. Причиной снижения промысловой численности популяции в 2005-2006 гг. был высокий уровень эксплуатации запаса, следствием чего стало сокращение промысловых нагрузок в последующие годы (табл. 6).

Таблица 5

Индексы биомассы и численности промысловых самцов камчатского краба в ИЭЗ Российской Федерации в Баренцевом море, по результатам съемок в августе 2017-2019 гг.

Год	Биомасса, тыс. т			Численность, млн. экз.		
	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.
2017*	125,4	158,7	146,5	34,0	43,7	40,4
2018	141,6	161,8	151,8	39,5	45,8	42,8
2019	141,6	187,8	161,4	38,9	52,9	45,2

*расчеты произведены с использованием данных уловов за 2018 г. восточнее 45° в.д.

Таблица 6

Общий допустимый улов и основные показатели промысла камчатского краба в ИЭЗ Российской Федерации в Баренцевом море в 2010-2019 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Улов на судо-сутки, т	Улов на ловушку*, кг	Средняя масса крабов**, кг
2006	14,60	12,639	7,7	120	4,1
2007	12,72	10,934	6,3	95	4,1
2008	12,48	9,291	4,2	66	4,1
2009	10,40	6,309	3,6	57	3,2
2010	4,00	3,940	4,4	40	3,0
2011	4,00	3,702	8,2	49	2,9
2012	5,50	5,209	9,7	74	3,0
2013	6,00	5,531	17,4	121	3,1
2014	6,50	5,995	19,7	178	3,2
2015	6,90	6,381	21,5	164	3,1
2016	8,51	8,300	18,7	129	3,5
2017	9,94	9,285	18,5	133	3,8
2018	9,94	9,187	21,1	187	4,0
2019	9,94	9,836	19,7	156	3,7

*Стандартизированный показатель к улову трапециевидной ловушки.

**Поступивших в промышленную переработку (по данным наблюдателей и статистики выработки готовой продукции).

В 2010 г. была отмечена смена негативных тенденций в динамике промыслового запаса, что послужило основанием для увеличения ОДУ в 2012 г. В последующие годы наблюдались позитивные изменения промысловых показателей. В 2019 г. произошло незначительное снижение производительности промысла по сравнению с предыдущим годом.

Темпы снижения производительности промысла в ходе промыслового сезона оценивали с помощью линейной регрессии. Характер снижения производительности с учетом возрастающего вылова к концу промыслового сезона использовали для расчета численности промыслового запаса на акватории добычи в период данного промыслового сезона по методу Лесли (табл. 7).

В 2010-2014 гг. отмечался значительный рост индекса промыслового запаса в начале сезона добычи (N_0), сопровождающийся снижением точности оценок. С 2015 г. зафиксирована обратная тенденция. С учетом вылова камчатского краба в 2019 г. (9,8 тыс. т), его индекс промыслового запаса в

конце сезона добычи на акватории промысла по модели истощения Лесли оценен на уровне 11 тыс. т.

Таблица 7

Медианные значения начальной промысловой биомассы (N_0), значения границ 95 %-ного доверительного интервала и коэффициент вариации (CV) для промысловых сезонов баренцевоморского камчатского краба 2008-2019 г., рассчитанные по методу Лесли

Год	N_0 , тыс. т	Границы 95 %-ного доверительного интервала для N_0		CV
		нижняя	верхняя	
2008	14,4	10,4	18,4	13
2009	11,7	7,9	15,6	15
2010	5,8	4,4	7,3	12
2011	9,3	5,7	13,9	27
2012	18,9	-0,8	38,7	43
2013	27,2	-3,5	57,9	46
2014	37,9	-41,1	116,8	75
2015	26,2	11,4	41,2	23
2016	22,2	8,1	36,2	25
2017	15,6	12,7	18,5	8
2018	19,8	14,9	24,8	15
2019	21,0	17,3	24,5	8

В территориальном море Российской Федерации, по результатам съемки в 2019 г., размерный состав самцов, в целом, остался на прошлогоднем уровне, за исключением некоторого снижения доли молоди в уловах (рис. 3).

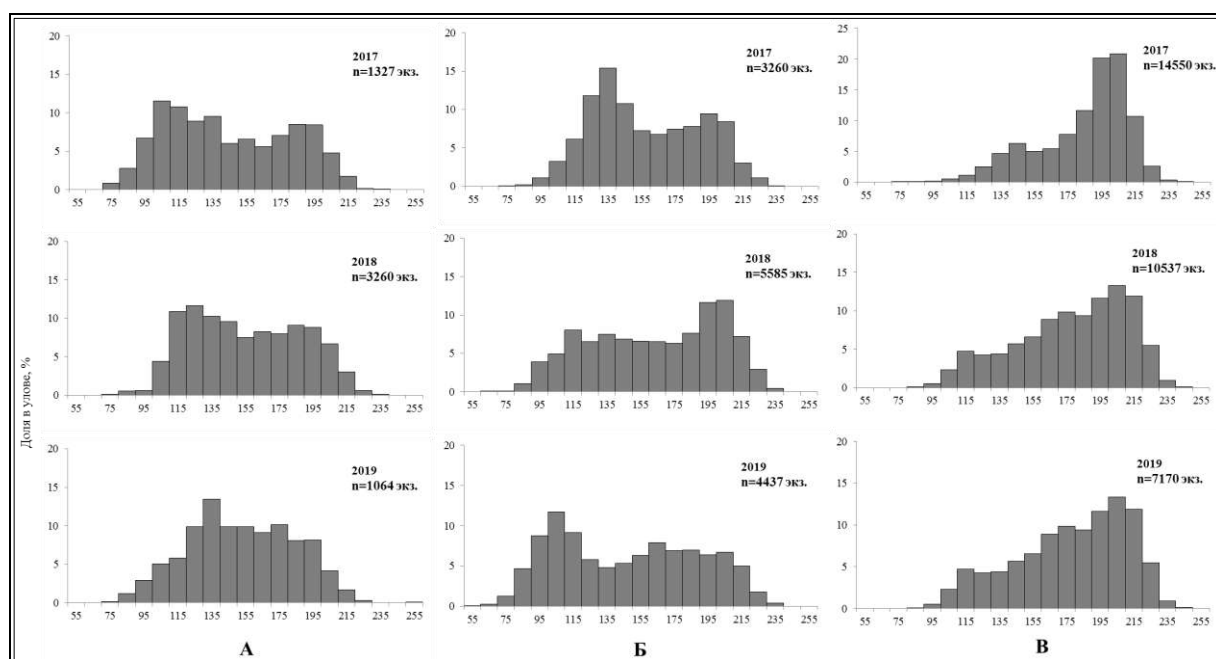


Рис. 3. Размерный состав уловов самцов камчатского краба в ходе прибрежных ловушечных исследований в пределах территориального моря Российской Федерации (А), траловой съемки в ИЭЗ Российской Федерации (Б) и по результатам наблюдателей на промысле в ИЭЗ Российской Федерации (В) в 2017-2019 гг.

По данным научных наблюдателей, размерный ряд самцов в уловах на промысле 2019 г., в целом, соответствуют показателям прошлого года,

модальную группу составили особи с ШК 200-210 мм. Данные траловой съемки, напротив, показали снижение доли промысловых особей, однако это может быть связано с увеличением уловов молодежи с ШК 95-115 мм в Восточном Прибрежном районе.

Таким образом, основываясь на итогах прибрежных ловушечных съемок в 2008-2019 гг., производительности промысла и величинах локальных биомасс в 2007-2019 гг., полученных по методу истощения Лесли, а также оценке данных траловых съемок 2017-2019 гг. в ИЭЗ Российской Федерации, можно сделать вывод о том, что величина промыслового запаса камчатского краба на акватории его добычи в Баренцевом море в 2019 г. находилась на высоком уровне. Наблюдаются положительные тенденции в трендах показателей состояния запаса на акватории промысла по модели истощения Лесли и траловой съемки.

Определение биологических ориентиров

Впервые определение биологических ориентиров было выполнено в рамках разработки «Правил регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» (ФГБНУ «ВНИРО»), утвержденных на заседании Совета директоров рыбохозяйственных институтов при заместителе Министра сельского хозяйства Российской Федерации – руководителе Федерального агентства по рыболовству (Протокол от 30 июня 2016 г. № 8). Граничный ориентир по биомассе (B_{lim}) составил 19 тыс. т, целевой ($B_{tr}=B_{MSY}$) – 64 тыс. т. Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации ($E_{tr}=F_{MSY}$) не должен был превышать 0,17.

В 2017-2019 гг. на акватории основных промысловых скоплений после длительного перерыва были возобновлены траловые съемки запасов камчатского краба, результаты которых показали, что предыдущий подход к оценке запасов и биологических ориентиров нуждается в пересмотре. С целью корректировки ориентиров управления были выполнены расчеты, аналогичные работе, проведенной в 2016 г., с дополнением в массив входных данных временного ряда индексов промыслового запаса камчатского краба, оцененного по траловым съемкам в 2017-2019 гг. Уточненный граничный ориентир по биомассе (B_{lim}) составил 45 тыс. т, целевой (B_{tr}) – 149 тыс. т. Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации (E_{tr}) не должен превышать 0,16 (рис. 4).

Обоснование Правила регулирования промысла

В 2016 г. на основе ретроспективных данных с использованием стохастических версий продукционной модели и модели CSA были выполнены расчеты ориентиров управления и протестировано Правило регулирования промысла (ПРП), которое в концепции нового подхода к управлению запасами приоритетных видов крабов и крабоидов России было предложено в «Правилах регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов». Для практического применения Правило может быть сформулировано в следующем виде:

- 1) Уровень эксплуатации (доля изъятия E_t) устанавливается не выше целевого уровня эксплуатации ($E_{tr} = 0,16$) при промысловом запасе выше целевого ориентира по биомассе ($B_{tr} = 149$ тыс. т);
- 2) При промысловом запасе (B_t) выше граничного ориентира ($B_{lim}=45$ тыс. т), но ниже целевого $E_t = E_{tr} \times (B_t - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim})$;
- 3) При промысловом запасе ниже граничного ориентира уровень эксплуатации $E_t = 0$ (возможен только промысел в научных целях);
- 4) Предельные уровни изменения ОДУ определяются в соответствии с методическими рекомендациями «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов».

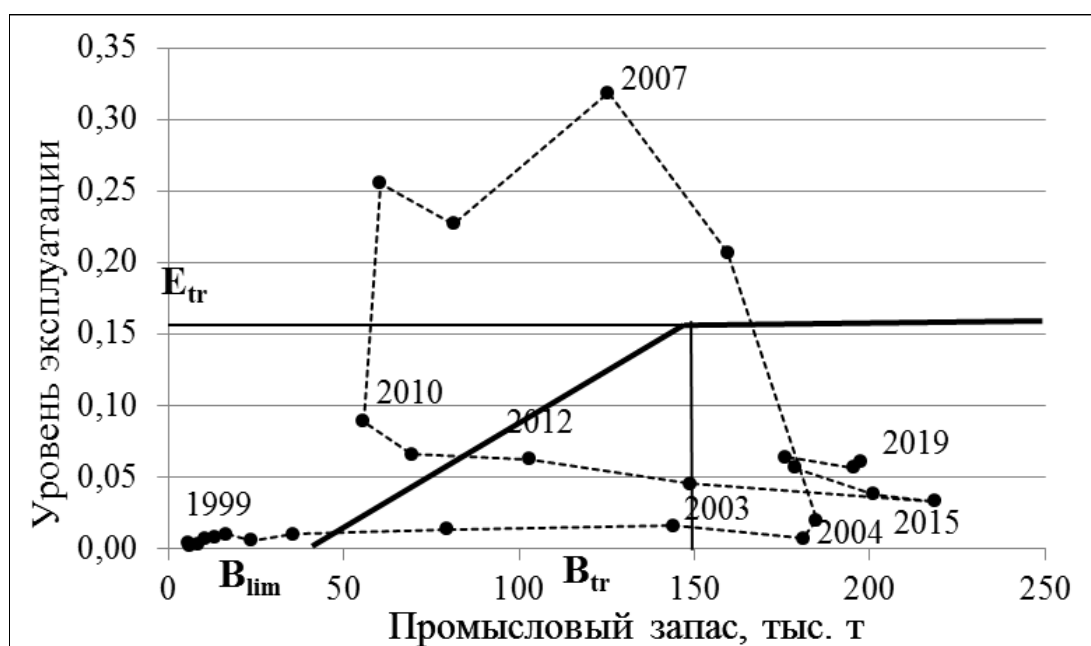


Рис. 4. Динамика промыслового запаса и уровня эксплуатации запаса камчатского краба в Баренцевом море, а также ориентиры управления его запасом (B_{lim} , B_{tr} и E_{tr}) в Баренцевом море в 1994-2019 гг., основанные на оценке по продукционной модели.

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз состояния запаса выполнен с помощью стохастической продукционной модели, параметры которой были оценены в рамках расчетов ретроспективной динамики запаса и ориентиров управления.

Прогнозируемая биомасса промыслового запаса камчатского краба в Баренцевом море на 2021 г. была рассчитана, исходя из различных уровней эксплуатации в 2020 г. При этом вылов на 2020 г. принимался равным:

- 1) 9,94 тыс. т (предыдущая рекомендация ОДУ на 2020 г.);
- 2) 10,94 (предыдущая рекомендация ОДУ на 2020 г.+10%);
- 3) 11,5 тыс. т (ОДУ на 2019 г.+16% при статусе запаса «стабильный»);
- 4) 12,9 тыс. т (ОДУ на 2019 г. +30% при статусе запаса «растущий»);
- 5) 31,4 тыс. т (E_{tr} от величины запаса на начало 2020 г.).

Результаты прогнозирования биомассы промыслового запаса на 2021 г. с помощью стохастической продукционной модели, в том числе медианные

оценки с 50- и 95%-ными доверительными границами, представлены в *таблице 8*.

Таблица 8

Прогнозируемая биомасса промыслового запаса баренцевоморского камчатского краба (медианная оценка с 50- и 95%-ными доверительными границами) на начало 2020-2021 гг., при разном уровне эксплуатации в 2020 г., тыс. т

Уровень эксплуатации	Вылов, тыс. т	Год	Промысловый запас, тыс. т				
			2,5%	25,0%	Медиана	75,0%	97,5%
ОДУ ₂₀₁₉	9,836	2020	19	82	196	398	1320
Предыдущая рекомендация ОДУ ₂₀₂₀	9,94	2021	17	86	197	393	1216
Предыдущая рекомендация ОДУ _{2020+10%}	10,94	2021	15	86	196	391	1198
ОДУ _{2019+16%}	11,4	2021	14	86	195	388	1178
ОДУ _{2019+30%}	12,8	2021	13	85	193	385	1173
$E_{tr}(0,16)$	31,4	2021	8	71	171	351	1105

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

По результатам траловых съемок 2017-2019 гг. наблюдается рост промыслового запаса, в соответствии с этим, статус запаса целесообразно оценивать как «растущий». Кроме того, величина промыслового запаса (196 тыс.), оцененная на начало 2020 г., находится значительно выше как целевого (149 тыс. т), так и граничного (45 тыс. т) ориентиров управления по биомассе. При этом уровень эксплуатации в последние три года не превышает 7%, т.е. существенно ниже целевого ориентира по эксплуатации (16%).

Медианное значение прогнозируемой биомассы промыслового запаса на начало 2020 г. составляет 196 тыс. т, нижняя граница доверительного интервала прогнозируемой биомассы составляет 82 тыс. т, при этом ОДУ при целевом уровне изъятия в 16% мог бы составить от 13,1 до 31,4 тыс. т. Однако такой уровень изъятия значительно превышает установленный ОДУ на 2019 г. Столь резкое увеличение вылова не является оптимальным для долгосрочного планирования промысла.

С учетом предельного уровня межгодового изменения ОДУ, который для крабидов при статусе запаса «растущий» (в пользу которого свидетельствуют результаты съемок 2019 г.) не должен превышать 30%, ОДУ камчатского краба в Баренцевом море в 2020 г. мог бы составить 12,8 тыс. т.

Вместе с тем, результаты промысла 2019 г. не показали увеличения уловов на промысловое усилие. В связи с этим, целесообразно поэтапное увеличение ОДУ - в 2020 г. около 10% от ранее рекомендованной величины (9,94 тыс. т). Исходя из этого, на 2020 г. в Баренцевом море рекомендуется установить величину ОДУ камчатского краба в 10,94 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба камчатского в Баренцевом море на 2020 г. в сторону увеличения на 1,000 тыс. т с 9,940 тыс. т до 10,940 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Результаты расчетов 2019 года показали, что продукционная модель удовлетворительно описывает исходные данные, однако неспособна фиксировать краткосрочные изменения в пополнении запаса. В тоже время, в последние шесть лет не наблюдаются существенные изменения, как в состоянии промыслового запаса, так и в оценке индексов его пополнения. Оцениваемая биомасса находится значительно выше уровня B_{tr} с 2014 г. Современная промысловая смертность камчатского краба оценивается существенно ниже уровня E_{tr} с 2010 г.

Риск-анализ превышения ориентиров управления при различной эксплуатации запаса камчатского краба в Баренцевом море на начало 2021 г. представлен в *таблице 9*. Согласно полученным результатам, риск уменьшения биомассы запаса ниже уровня B_{lim} невелик даже при возможном годовом вылове на уровне E_{tr} .

Таблица 9

Риск-анализ превышения ориентиров управления при различной эксплуатации запаса камчатского краба на начало 2021 г.

Уровень эксплуатации	предыдущая рекомендация ОДУ2020	ОДУ 2019+10%	ОДУ 2019+16%	ОДУ 2019+30%	E_{tr}
Вылов, тыс. т	9,94	10,94	11,4	12,8	31,4
Параметр риск-анализа	Величина риска (%)				
Уменьшение ниже B_{lim} ($0,3B_{MSY}$), %	3,1	3,1	3,3	3,5	6,4
Уменьшение ниже B_{tr} (B_{MSY}), %	33,9	33,1	34,5	35,0	42,5
Превышение E_{tr}	8,4	10,9	12,7	17,4	67,4

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Крабовые ловушки относятся к пассивным орудиям лова и при соблюдении ряда правил (застой не более нескольких суток, наличие разрушающихся вставок) и гарантированного подъема не наносят окружающей среде существенного урона.

Прилов других видов донных гидробионтов в крабовые ловушки, благодаря их конструкции с крупным размером ячеек сетного полотна и окнами для выхода гидробионтов, минимален. Кроме того, единичные пойманные особи прочих гидробионтов не повреждаются в ловушках и выпускаются живыми и неповрежденными в естественную среду обитания.

Таким образом, можно считать, что вылов краба камчатского в объемах, не превышающих ОДУ, при соблюдении Правил рыболовства, не наносит ущерб его популяции, а также популяциям прочих прилавливаемых гидробионтов, и не наносит вреда окружающей среде.

Краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio*)

Баренцево море

Исполнители: С.В. Баканев, В.А. Павлов (Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича))

Куратор: С.В. Горянина (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Материалы корректировки общего допустимого улова (ОДУ) краба-стригуна опилио в Баренцевом море на 2020 г. подготовлены на основании новых данных о состоянии запасов данного вида водных биологических ресурсов (ВБР), полученных в ходе российско-норвежской экосистемной съемки в 2019 г., мониторинга промысла краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2019 г. и данных промысловой статистики за 2019 г.

Таким образом, для подготовки материалов, обосновывающих корректировку ОДУ краба-стригуна опилио в Баренцевом море были привлечены следующие данные:

– результаты российско-норвежских экосистемных съемок 2004-2019 гг.;

– данные промысловой статистики 2013-2019 гг., передаваемые по системе «Рыболовство» отраслевой системы мониторинга (судовые суточные донесения (ССД));

– данные наблюдателей Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО им. Н.М. Книповича») на промысле в 2013-2019 гг.

Для формирования временных рядов промысловых данных использовали базу данных ПИНРО «Промысел», сформированную на основе ССД. Анализировали информацию по каждой промысловой операции, включая следующие характеристики: бортовой номер судна, тоннаж судна, дата операции, тип ловушки, продолжительность застоя, координаты, глубина, вылов краба (*табл. 1*).

Таблица 1

Основные показатели российского промысла краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2013-2019 гг.

Период промысла		Акватория промысла, тыс. км ²	Кол-во		Производительность (CPUE), кг/ч		Средний вылов на судосутки лова, т	Вылов, тыс. т
год	месяц		судов	промысловых операций, тыс. экз.	нестандартизированная	стандартизированная		
2013	12	29	2	2,4	-	-	2,82	0,062
2014	4-12	60	12	788,7	5,55	11,26	3,53	4,104
2015	1-12	60	20	2894,7	2,98	7,36	2,77	8,895
2016	1-12	130	18	2581,5	2,48	6,08	7,53	7,699
2017	3-7, 11	67	10	91,7	21,86	8,23	9,57	7,840
2018	3-9, 11	51	11	410,8	18,04	7,74	9,19	9,728
2019	3-7, 11	76	10	496,4	20,14	10,11	11,4	9,778

Результаты экосистемных съемок и данные промысловой статистики применялись для анализа состояния запаса трендовым методом. Данные наблюдателей использовались для анализа текущих промыслово-биологических показателей популяции и определения перспектив потенциального промысла, а также для изучения размерных рядов краба из ловушечных уловов, производительности и селективности промысла.

Промысловая база данных содержала 56467 записи промысловых операций. Для стандартизации улова на усилие была использована обобщенная линейная модель (GLM), при этом каждой операции были присвоены следующие категории (факторы): год, месяц, судно, тип ловушки, промысловый район, глубина.

С 2004 г. оценка запаса опилию осуществляется в рамках комплексной российско-норвежской экосистемной съемки, которая ежегодно проводится по стандартной методике в летне-осенний период и охватывает большую часть акватории Баренцева моря. Площадь съемки в среднем составляет около 1500 тыс. км² (рис. 1). Ежегодно выполняется около 360 донных тралений от края континентального шельфа на западе до арх. Новая Земля на востоке, от побережья Норвегии и России на юге до кромки льда на севере.

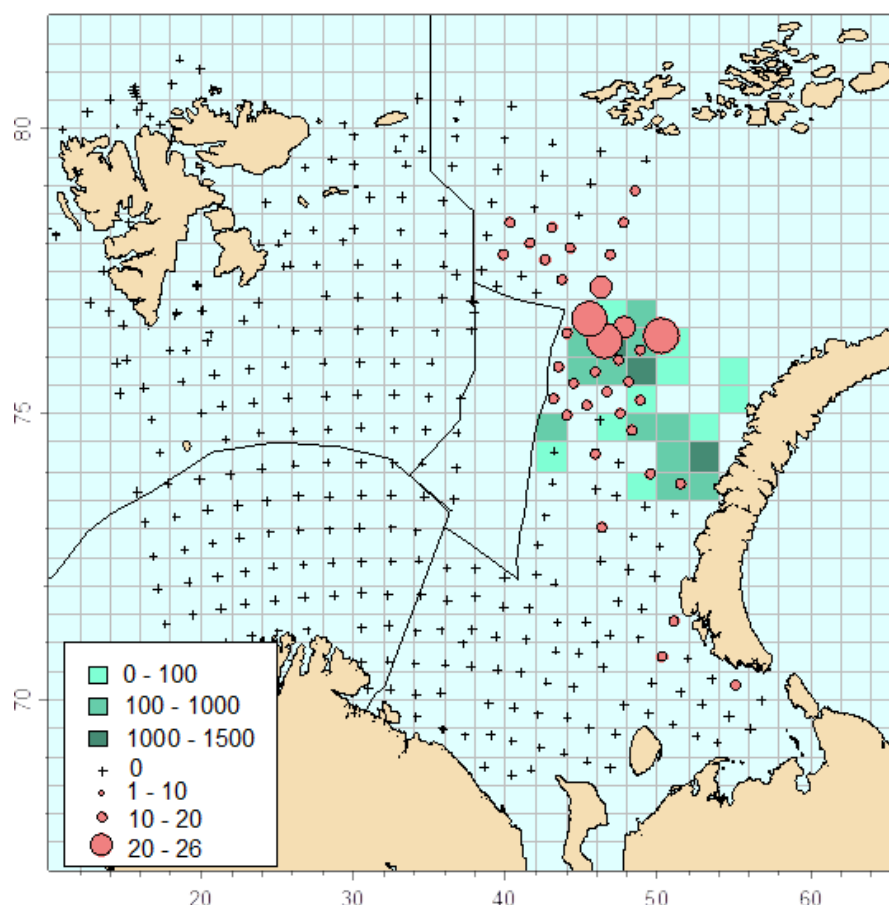


Рис. 1. Картограмма вылова промысловых крабов-стригунов опилию в ходе промысла (т, зеленые квадраты) и экосистемной съемки (кг/траление, красные круги) в Баренцевом море и сопредельных водах в 2019 г.

В 2019 г., как и в предыдущие годы, сбор первичного материала осуществляли донным тралом Sampelen-1800 с горизонтальным раскрытием 15 м, вертикальным – 5 м, вставкой в кутовой части из дели с ячейей 22 мм. Продолжительность учетных тралений составляла 15 мин, скорость – 3,1-3,3 узлов. Выполнено 322 донных траления, биологическому анализу подвергнуто 3870 экз. краба-стригуна опилио (*табл. 2*).

Таблица 2

Характеристика первичного материала по крабу-стригуну опилио, собранного в ходе экосистемных съемок в Баренцевом море и сопредельных с ним водах в 2008-2019 гг.

Год	Количество			
	донных тралений	тралений с крабом	пойманных крабов, экз.	биологических анализов, экз.
2008	452	77	670	581
2009	387	66	284	284
2010	331	58	400	386
2011	401	84	6657	1182
2012	455	121	37737	1970
2013	493	132	19020	2756
2014	304	87	12871	2814
2015	335	89	3125	1867
2016	311	84	2107	1372
2017	350	131	20757	4009
2018	235	62	20484	1981
2019	322	105	11801	3870

Для расчета численности и биомассы гидробионтов в экосистемной съемке в ПИНРО в 2010 г. была разработана программа CalcZapas.exe, которая выполняет расчеты методом площадей, как исходя из пространственного распределения объекта, так и с учетом его распределения по глубинам. Система стратификации основана на площадях стандартных «малоплощадных» квадратов Всемирной Метеорологической Организации (WMO) размером 1° широты на 2° долготы, с известной площадью.

При выполнении траловой съемки часто возникают ситуации, когда траления не охватывают все диапазоны глубин в пределах заданной страты. Поскольку в программе расчета используются малоплощадные квадраты WMO, был разработан алгоритм поиска и заполнения «пустот», возникающих в случае отсутствия данных. Для этого был создан справочник-список для каждого квадрата, в котором ведется поиск данных для заполнения недостающих полей. Радиус поиска выбран в пределах одного граничного квадрата WMO. Таким образом, используются данные по плотностям скоплений в заданном диапазоне глубин, которые усредняются и формируются в таблицу, заполняя пропущенные поля. Усреднение производится только на основании фактических данных. Рассчитанные данные, помещенные в таблицу значений плотности, далее не используются для расчета последующих «пустот». Данный алгоритм позволяет исключить

необходимость определения границ съемки ручным методом, а также задавать область интерполяции и экстраполяции.

Поскольку вся акватория Баренцева моря и прилегающие участки Норвежского и Карского морей были стратифицированы, то определение границ съемки выполняется поиском позиций первого квадрата WMO от периферии к центру, в котором имеются фактические данные для расчетов.

В 2019 г., как и в 2014, и 2018 гг., часть традиционной акватории съемки не была покрыта тралениями. Для расчета индекса биомассы на этой акватории были использованы данные тралений на этой акватории, выполненные за три предыдущих года. Средний индекс за эти три года включали в оценку общего индекса запаса.

Анализ индексов плотности и биомассы краба-стригуна опилио и других крупных бентосных организмов в экосистемных съемках показал, что «вспышки» численности краба, а также «провалы» в динамике индексов совпадают с тенденциями изменений численности основных бентосных видов по данным съемки. Учитывая, что синхронность в популяционной динамике бентоса нескольких различных видов маловероятна, возможной причиной таких изменений являлась ежегодно меняющаяся уловистость трала по отношению к донным организмам. Для устранения влияния изменчивости уловистости трала на индекс численности краба-стригуна опилио была учтена динамика приловов макробентоса массовых видов (табл. 3).

Таблица 3

Площадь акватории оценки запаса, средний улов промысловых особей и индекс промысловой биомассы краба-стригуна опилио с учетом стандартизации площади и коэффициента уловистости трала по данным экосистемных съемок в 2006-2019 гг.

Год	Площадь оценки запаса, тыс. км ²	Ср. улов, экз./траление	Плотность, кг/км ²	Промысловая биомасса, тыс. т	Промысловая биомасса; корректив по площади, тыс. т	Промысловая биомасса; корректив по уловистости, тыс. т
2006	137	0,03	2,2	0,3	0,3	13
2007	493	0,03	4,1	2	2	36
2008	512	0,18	26,0	13,3	13	38
2009	456	0,21	34,5	15,7	16	193
2010	618	0,12	28,5	17,6	18	106
2011	724	0,45	51,5	37,3	37	249
2012	730	1,60	160,4	117,1	117	77
2013	1024	1,45	109,1	111,7	112	357
2014	649	1,46	150,4	97,6	154	275
2015	712	1,20	112,2	79,8	115	636
2016	693	0,18	18,2	12,6	19	436
2017	805	3,62	300,4	241,9	308	489
2018	643	6,45	420,9	270,6	431	601
2019	705	1,53	120,0	84,6	123	516

Во все годы промысла на промысловых судах работали наблюдатели ФГБНУ «ВНИРО» и его Полярного филиала. Материалы от наблюдателей были использованы для оценки, как биологических параметров запаса, так и для верификации уловов на усилие, поступающих на основе ССД (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика первичного материала по крабу-стригуну опилио, собранного наблюдателями в ходе российского промысла в 2013-2019 гг.

Год	Время проведения работ	Тип ловушек	Кол-во ловушечных станций	Кол-во проанализированных крабов, экз.
2013	25.11-16.12	Прямоугольные	385	5733
2014	21.04-25.07	Трапещиевидные	638	13964
2015	04.08-29.09	Конусные	1073	6019
2016	28.04-28.06	Трапещиевидные	420	11841
2017	17.06-18.07	Трапещиевидные	218	5293
2018	12.04-09.07	Трапещиевидные	112	3392
		Конусные	364	11282
2019	29.03-15.07	Конусные	309	14878

Категория информационной обеспеченности, в соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, отнесена к II уровню, так как в комплексе использованной информации отсутствует многолетняя статистика промысла, исключая использование моделей эксплуатируемого запаса. Доступная информация позволяет дать научно-обоснованную оценку состояния запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море и корректировки ОДУ на 2020 г.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Инвазивная природа возникновения популяции с весьма вариативной динамикой численности (во времени и пространстве) значительно увеличивает неопределенность при моделировании и прогнозировании запаса. Оценка запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море в настоящее время сопряжена с рядом трудностей.

Во-первых, высокая межгодовая изменчивость уловистости трала по отношению к крабу-стригуну опилио в ходе выполнения экосистемной съемки не позволяет получить надежные индексы численности и биомассы.

Во-вторых, короткий срок эксплуатации популяции краба на ограниченной акватории не позволяет использовать для оценки запаса баренцевоморского краба-стригуна опилио традиционные аналитические модели, оценивающие систему «запас–промысел».

В-третьих, высокая межгодовая изменчивость коэффициента уловистости трала в экосистемных съемках и межгодовые особенности проведения съемок позволяют применять только комплексный подход при расчетах индексов биомассы, сочетающий в себе метод площадей, учет

коэффициента уловистости трала, корректировку площадей съемки с восстановлением биомассы на акваториях, не покрытых съемкой.

В случае с запасом краба-стригуна опилио Баренцева море, где в качестве входных данных для аналитической оценки возможно использовать 15-летний ряд наблюдений весьма изменчивых индексов биомассы, а также короткий 5-летний ряд уловов на усилие и годового вылова, целесообразно использовать подход, разработанный и применяемый ИКЕС для запаса северной креветки в Баренцевом море.

Таким образом, текущая оценка запаса краба-стригуна опилио была выполнена с помощью стохастической версии продукционной модели, в которой параметры оцениваются не только на основе фактических входных данных, но и на основе предположений об их возможных величинах (байесовский подход).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

На основании материалов съемок и результатов оценки по продукционной модели, динамику запаса краба-стригуна опилио в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) Российской Федерации можно разделить на 2 периода: низкой численности краба-стригуна опилио в 2005-2008 гг. и ее активного увеличения в 2009-2019 гг. В 2019 г. промысловая биомасса краба-стригуна опилио на акватории Баренцева моря (совокупно районы открытой части Баренцева моря (ОЧБМ) и ИЭЗ Российской Федерации) оценивается на уровне 350-650 тыс. т с медианной 483 тыс. т (рис. 2). На начало 2020 г. промысловая биомасса оценивается на медианном уровне 507 тыс. т.

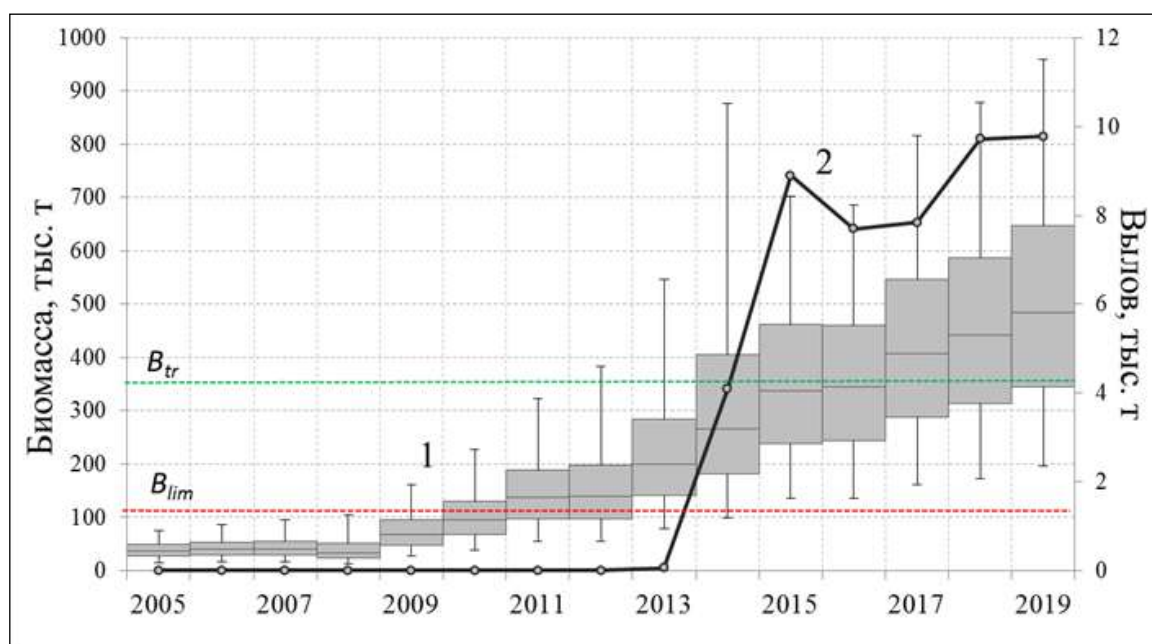


Рис. 2. Динамика биомассы промыслового запаса (1 – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал) и вылова (2) краба-стригуна опилио в ОЧБМ и ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2005-2019 гг.

В популяции баренцевоморского краба-стригуна опилио регулярно наблюдается хорошее пополнение, влияющие на общую динамику численности популяции, а также величину промыслового запаса (рис. 3).

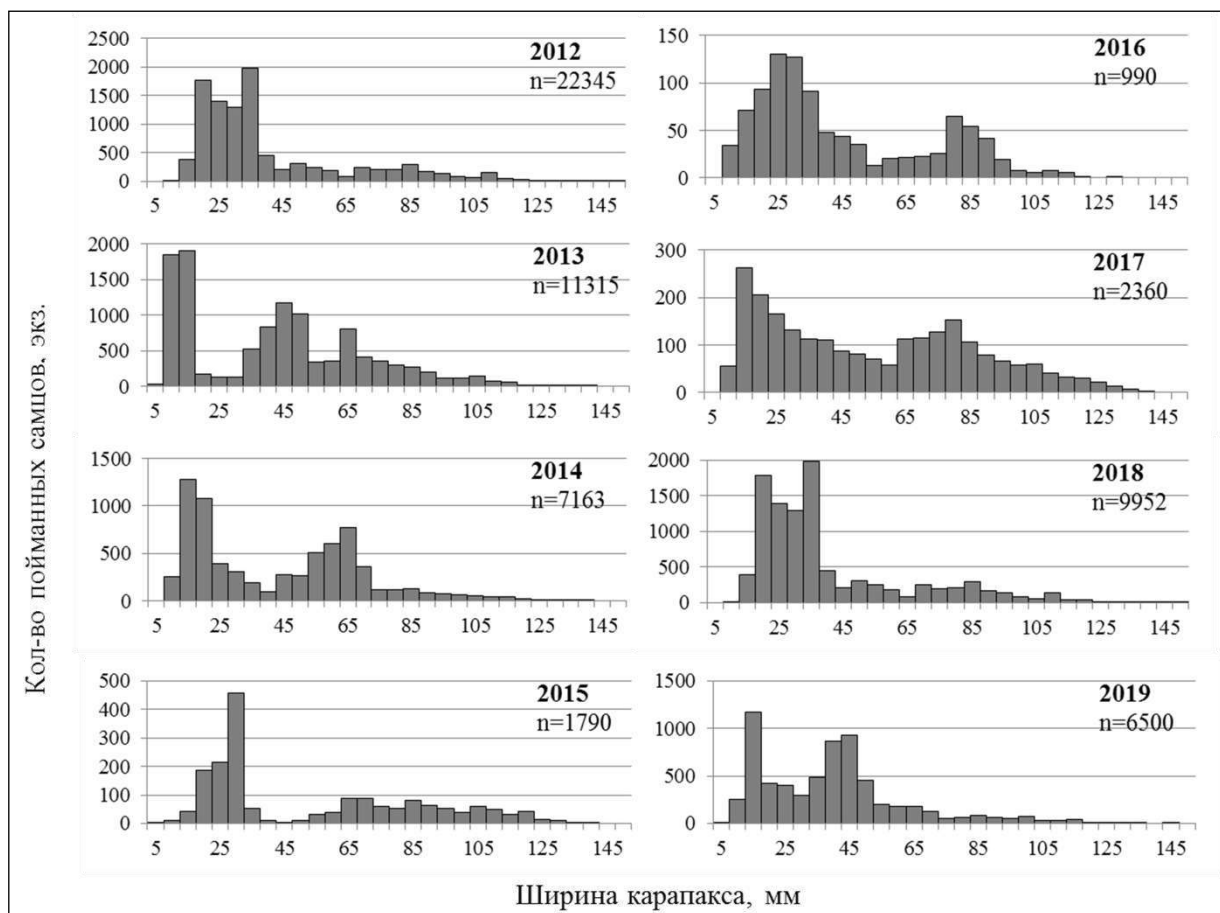


Рис. 3. Размерный состав самцов краба-стригуна опилио из уловов в Баренцевом море по результатам экосистемных съемок в 2012-2019 гг.

В последние годы отмечены урожайные поколения 2015-2016 гг. с ШК 11-20 мм, которые должны достичь промысловых размеров в 2023-2024 гг. По результатам экосистемной съемки 2019 г. отмечено урожайное поколение 2017 г. с ШК 11-15 мм.

Данные, полученные за период проведения экосистемных съемок, показывают, что популяция краба-стригуна опилио в настоящее время находится в стадии становления (рис. 4). С 2004 г. наблюдается увеличение районов распределения краба, а в последующие годы - значительное расширение площади и плотности распределения краба-стригуна опилио на акватории съемки.

По результатам экосистемной съемки 2019 г. соотношение самцов и самок в уловах составило 1,3:1. Средняя ШК всех самцов составила 46,8 мм, а средняя ШК промысловых крабов - 111,5 мм. Доля промысловых самцов составила 3,3%.

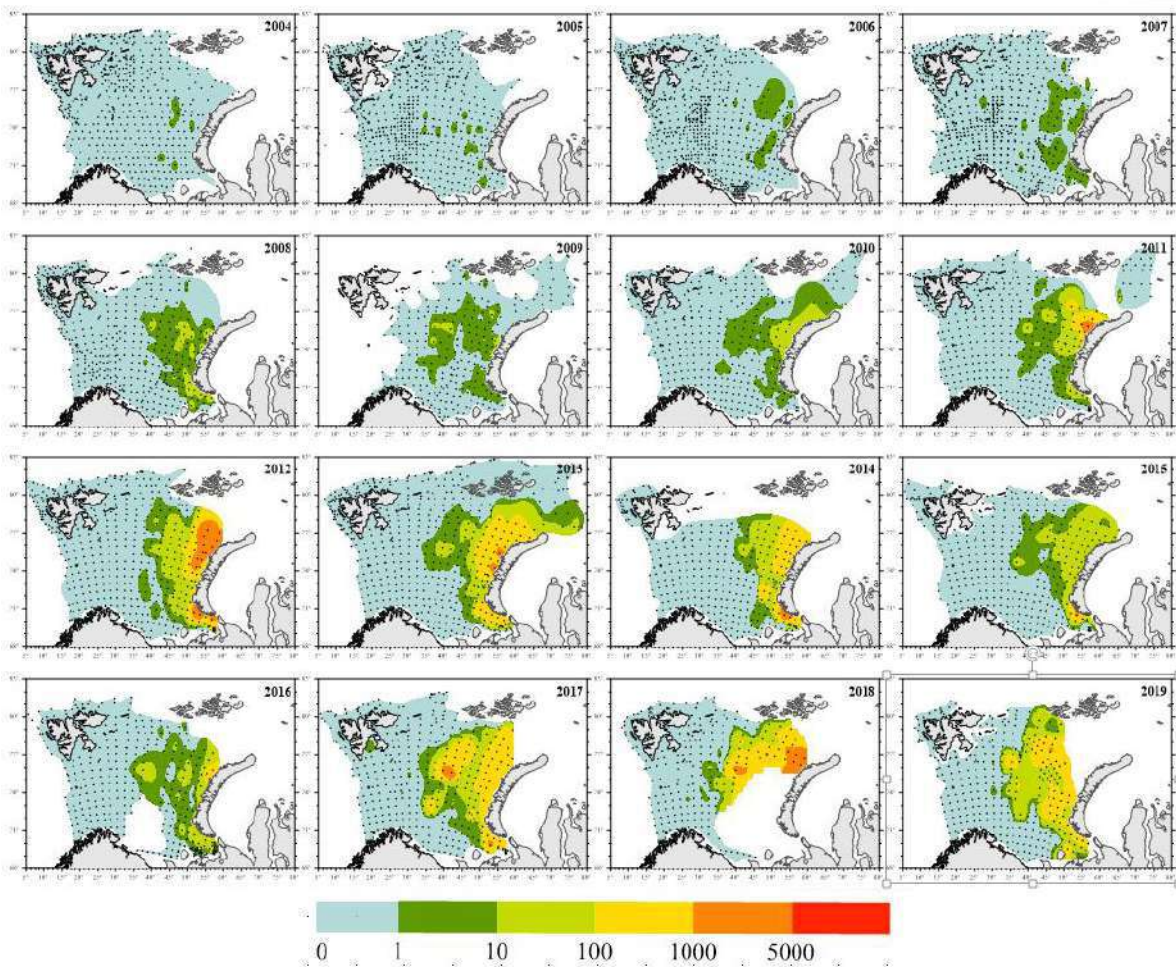


Рис. 4. Распределение уловов крабов-стригунов опилио по данным экосистемных съемок, выполненных в Баренцевом море и сопредельных водах в 2004-2019 гг. (экз./15 мин траления).

Среди самцов в уловах 2019 г. преобладали особи с покровами 3 (более 48%), 3 поздней (более 24%) и 3 ранней (24%) межлиночных категорий (табл. 5).

Таблица 5

Состояние покровов самцов краба-стригуна опилио в ходе выполнения экосистемных съемок в Баренцевом море в 2014-2019 гг.

Год	Межлиночная категория (%)						
	1	2	3-	3	3+	4-	4+
2014	-	2,2	40,2	28,3	9,8	5,4	14,1
2015	0,9	4,6	19,4	54,3	18,5	1,4	0,9
2016	-	-	10,7	46,4	42,9	-	-
2017	-	-	12,0	76,4	11,2	-	0,4
2018	-	26,1	33,1	38,0	2,8	-	-
2019	0,6	1,4	24,0	48,5	24,6	0,6	0,3

Российский промысел краба-стригуна опилио в ОЧБМ начался в декабре 2013 г. и продолжался вплоть до 2016 г. В связи с изменением правил регулирования промысла на континентальном шельфе в ОЧБМ,

добыча краба-стригуна опилио в этом районе в 2017-2019 гг. не осуществлялась.

В апреле 2016 г. был начат промысел краба-стригуна опилио в ИЭЗ Российской Федерации Баренцева моря. Добычу краба в российских водах вели с рекордной производительностью, позволившей освоить ОДУ (1,6 тыс. т) в течение 2 месяцев. В добыче краба участвовало 5 судов со среднесуточной производительностью 7,5 т. Результаты промысла подтвердили предыдущие оптимистические оценки промыслового запаса краба-стригуна опилио в ИЭЗ Российской Федерации Баренцева моря, основанные на данных экосистемных съемок. Согласно результатам съемок, промысловые скопления краба встречаются на обширной акватории ИЭЗ Российской Федерации (523 тыс. км²). Итоги промысла показали, что плотность таких скоплений позволяет устойчиво вести эксплуатацию на уровне производительности, соответствующем уровню в тихоокеанском регионе.

В 2017 г. промысел был продолжен с середины марта 10 судами, из которых 6 использовали в работе конусные ловушки, 4 – трапезиевидные. Добычу краба в ИЭЗ Российской Федерации успешно вели со средней производительностью 9,6 т в сутки, позволившей фактически в течение 5 месяцев освоить ОДУ (7,84 тыс. т) на 98,8%.

В 2018 г. режим промысла был аналогичен предыдущему году: в течение 5 месяцев (март-июль) было освоено 97% ОДУ с производительностью чуть выше уровня 2017 г. На конец года промышленный вылов достиг 9727,3 т краба, что составило 98,86% ОДУ (9,84 тыс. т).

В 2019 г. отечественный промысел краба-стригуна опилио в ИЭЗ Российской Федерации был начат в первой декаде марта и велся 10 судами, которые использовали только конусные ловушки. На конец июля промышленный вылов достиг 9777,8 т краба, что составило 99,37% ОДУ (9,84 тыс. т).

В 2019 г. производительность лова была на 23% выше предыдущего года (см. *табл. 1*). Районы промысла расширились к востоку - вплоть до прибрежных районов арх. Новая земля (см. *рис. 1*). Изменения географии промысла и успешная эксплуатация краба в новых районах подтвердили наличие обширных промысловых скоплений краба вне районов его промысла в предыдущие годы, примыкающих к ОЧБМ. Но распределение промысловых скоплений стригуна опилио в 2016-2019 гг. носило неравномерный, «пятнистый» характер.

В период промысла краба-стригуна опилио в ИЭЗ Российской Федерации Баренцева моря в 2019 г. на борту судна М-0388 «Александр Машаков» с 29 марта по 15 июля выполнялись научно-исследовательские работы наблюдателем ПИНРО (*рис. 5, 6*).

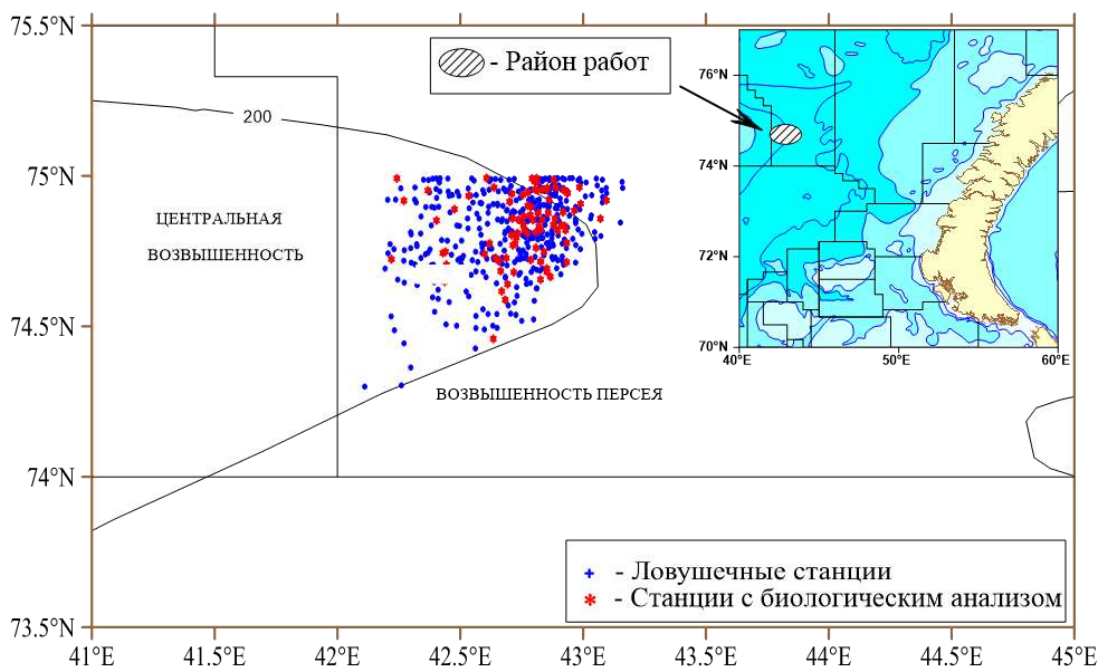


Рис. 5. Район проведения работ в промысловом в рейсе № 11 на М-0388 «Александр Машаков» с 29 марта по 15 июля 2019 г.

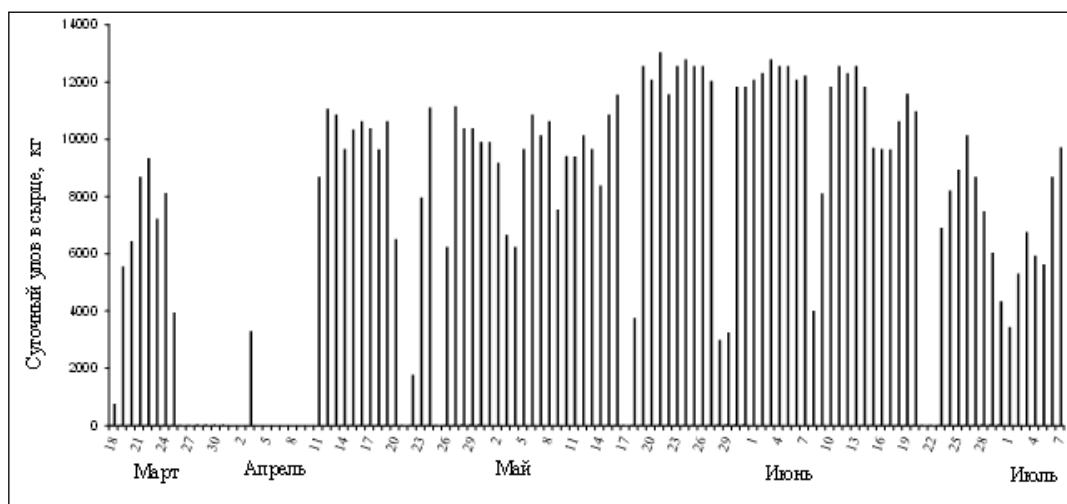


Рис. 6. Динамика суточных промысловых уловов краба-стригуна опилюю в весенне-летний период 2019 г.

Величина промысловых уловов в основном зависела от плотности скоплений краба и количества используемых орудий лова. При снижении производительности уловов увеличивалось количество обрабатываемых орудий лова. Пропуски уловов на *рисунке 6* соответствуют проведению работ, не связанных с добычей краба.

Средняя производительность промысла в марте 2019 г. составила 20,7 экз./ловушку, в апреле - 29,7 экз./лов., в мае - 39,4 экз./лов, в июне - 32,6 экз./лов. и в июле - 14,7 экз./лов. Снижение производительности в июле связано с окончанием промысла (7 судосутки на лову) и сбором ловушек.

Распределение уловов промысловых самцов стригуна опилио носило относительно равномерный характер, с небольшим приловом молоди (в среднем 11,9%) и некондиционного краба (в среднем 5,8%).

ШК самцов в уловах варьировала от 68 до 159 мм, при средней ШК 115,6 мм (рис. 7). Доля промысловых крабов от общего улова самцов составляла 87,9% (средняя ШК 118,9 мм), из них некондиционный краб составил 6,4%. За весь период промысла средняя ШК промысловых самцов изменялась незначительно и составила в апреле 120,3 мм, в мае – 118,7 мм, в июне – 118,1 мм, в июле – 118,3 мм. В уловах доминировали крабы с покровами 3-ей межлиночной категории (56%).

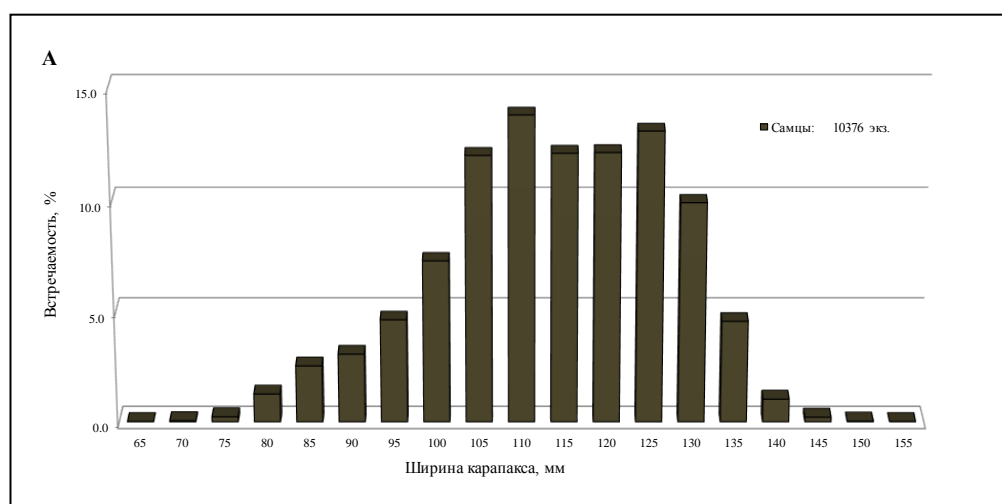


Рис. 7. Размерный состав уловов самцов краба-стригуна опилио в весенне-летний период 2019 г.

Уровень травматизма самцов краба-стригуна опилио на юго-восточном участке Возвышенности Персея был сопоставим с уровнем травматизма первых годов промысла на Новоземельской банке (в 2018 г. – 50%, в 2017 г. – 40%, в 2016 г. – 39%). Чем севернее велся промысел, тем меньше в уловах отмечалось краба со старым панцирем и утраченными конечностями. Доля самцов с отсутствующими и регенерирующими конечностями в 2019 г. составила 45,8%, среди промысловых самцов – 44,1%. Доля особей с язвами на конечностях составляла, в среднем, менее 24% от числа исследованных самцов, при средней площади язв 0,4 см². В основном, язвы образовывались в местах травм, нанесенных другими крабами.

При сравнении данных по уловы на ловушку на промысле краба-стригуна опилио, полученных от научных наблюдателей и по ССД, можно увидеть, что разница между этими показателями составляет от 1 до 15% (табл. 6). В среднем это величина составляет 7,3%, это достаточно небольшое отклонение с учетом вариативной природы данных. Дальнейшее увеличение ряда наблюдений при их удовлетворительной согласованности с данными наблюдателей позволит в ближайшие годы использовать данные уловов на усиление в моделях стандартизации для получения индекса состояния запаса.

Производительность лова самцов краба-стригуна опилио в ИЭЗ Российской Федерации в Баренцевом море (по данным наблюдателей и ССД на промысле в 2016-2019 гг.)

Год	Судно	Месяц	Тип ловушек	Наблюдатель, кг/лов.	ССД, кг/лов.	Различия, %
2016	«Никольский»	май	трапецевидные	54,30	56,00	3
		июнь	трапецевидные	39,50	45,80	14
2017	«А. Машаков»	июнь	трапецевидные	36,56	41,10	11
		июль	трапецевидные	34,05	40,00	15
2018	«А. Машаков»	май	трапецевидные	24,94	24,40	2
		июнь	конусные	25,27	24,60	3
2019	«А. Машаков»	апрель	конусные	21,62	19,10	12
		май	конусные	27,54	24,72	10
		июнь	конусные	22,46	22,73	1
		июль	конусные	10,19	10,36	2

Определение биологических ориентиров

Определение биологических ориентиров выполнено в рамках оценки динамики запаса стохастической версией продукционной модели в 2018 г. Для оценки параметров использовался байесовский подход, при этом допускалось, что в настоящее время промысловый запас краба-стригуна опилио в Баренцевом море выше уровня B_{MSY} , но ниже емкости среды K .

Граничный ориентир по биомассе (B_{lim}) составляет 107 тыс. т, целевой (B_{tr}) – 356 тыс. т, Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации (E_{tr}) не должен превышать 0,15.

Обоснование Правила регулирования промысла

В 2018 г. на основе ретроспективных данных с использованием стохастических версий продукционной модели было предложено и протестировано трехзональное Правило регулирования промысла, которое для практического применения может быть сформулировано в следующем виде:

1) Уровень эксплуатации (доля изъятия E_t) устанавливается не выше целевого уровня эксплуатации ($E_{tr} = 0,15$) при промысловом запасе выше целевого ориентира по биомассе ($B_{tr} = 356$ тыс. т);

2) При промысловом запасе (B_t) выше граничного ориентира ($B_{lim} = 107$ тыс. т), но ниже целевого, уровень эксплуатации $E_t = E_{tr} \times (B_t - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim})$;

3) При промысловом запасе ниже граничного ориентира уровень эксплуатации $E_t = 0$ (возможен только промысел в научных целях).

Предельные уровни изменения ОДУ определяются в соответствии с методическими рекомендациями «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов». При статусе запаса «стабильный», «неопределенный», «снижающийся» предельный уровень изменения ОДУ составляет $\pm 20\%$ от предыдущего года. При статусе запаса «растущий»,

«восстанавливающийся», «вводимый в промысел» предельный уровень изменения ОДУ составляет +42% от предыдущего года.

Прогнозирование состояния запаса

С учетом появления новых урожайных поколений, отмеченных в 2010-2019 гг., при наличии достаточной кормовой базы, высока вероятность дальнейшего роста общей численности популяции и биомассы промыслового запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море и сопредельных водах. В настоящее время, учитывая стабильное состояние запаса и отсутствие четких предикторов, для прогнозирования динамики запаса краба-стригуна опилио наиболее разумным подходом будет использование результатов оценки динамики запаса в прогностические годы продукционной моделью.

Прогнозируемая биомасса промыслового запаса краба-стригуна опилио на 2021 г. была рассчитана, исходя из различных уровней эксплуатации в 2020 г. При этом вылов на 2020 г. принимался равным: 1) 9,84 тыс. т (предыдущая рекомендация ОДУ на 2020 г.); 2) 11,8 тыс. т (ОДУ 2019 г.+20% при статусе запаса «стабильный»); 3) 13,25 тыс. т (предыдущая рекомендация ОДУ на 2020 г.+35%); 4) 14,0 тыс. т (ОДУ 2019 г.+42% при статусе запаса «растущий»); 5) 76 тыс. т (E_{tr} от величины запаса на начало 2020 г.).

Результаты прогнозирования биомассы промыслового запаса на 2021 г. с помощью стохастической продукционной модели, в том числе медианные оценки с 50- и 95%-ными доверительными границами, представлены в *таблице 7*.

Таблица 7

Прогнозируемая биомасса промыслового запаса баренцевоморского краба-стригуна опилио (медианная оценка с 50- и 95%-ными доверительными границами) на начало 2020-2021 гг. при разном уровне эксплуатации в 2020 г., тыс. т

Уровень эксплуатации	Вылов, тыс. т	Год	Промысловый запас, тыс. т				
			2,5%	25,0%	Медиана	75,0%	97,5%
ОДУ ₂₀₁₉	9,836	2020	188	362	507	673	1073
Предыдущая рекомендация ОДУ ₂₀₂₀	9,84	2021	182	378	526	694	1126
Предыдущая рекомендация ОДУ _{2020+35%}	13,25	2021	179	375	521	690	1122
ОДУ _{2019+20%}	11,8	2021	180	376	523	691	1123
ОДУ _{2019+42%}	14,0	2021	178	374	520	689	1120
$E_{tr}(0,15)$	76	2021	132	319	461	621	1030

На динамику запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море существенное воздействие может оказывать хищничество трески. В последние годы этот вид стал одним из важных объектов питания трески. В 2011-2012 гг. его массовая доля в питании трески в среднем за год составляла около 2%, в 2013 и 2014 гг. возросла до 4 и 7%, соответственно. В 2015-2018 гг. этот показатель стабилизировался на уровне 5-6%, что составляет по подсчетам специалистов лаборатории трофологии Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» от 67,5 до 127,2 тыс. т краба. Стригуном питается треска

практически всех размерных групп – от 20 см и крупнее, но наиболее часто – крупные особи длиной более 70 см. В желудках трески встречались стригуны шириной карапакса от 16 до 120 мм. Потребление стригуна треской отмечается в восточной части Баренцева моря на всей акватории распределения стригуна практически во все сезоны, но наиболее интенсивно – во вторую половину года (август-декабрь).

В 2019 г. доля стригуна в питании трески возросла по сравнению с предшествующим периодом и в среднем составила 9,3% по массе. Потребление стригуна треской в 2019 г. отмечалось практически в течение всего года.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

По результатам траловых съемок 2009-2019 гг., наблюдается постепенный рост промыслового запаса, в соответствии с этим статус запаса можно квалифицировать как «растущий». Кроме того, величина промыслового запаса 507 тыс. т, оцененная на начало 2020 г., находится выше как целевого (356 тыс. т), так и граничного (107 тыс. т) ориентиров управления по биомассе. При этом уровень эксплуатации в последние три года не превышает 3%, т.е. существенно ниже целевого ориентира по эксплуатации (15%).

Медианное значение прогнозируемой биомассы промыслового запаса на начало 2020 г. составляет 526 тыс. т, нижняя граница доверительного интервала прогнозируемой биомассы составляет 362 тыс. т. С учетом целевого коэффициента изъятия 15% и предельного уровня межгодового изменения ОДУ, который для крабов-стригунов при статусе запаса «растущий» не должен превышать 42%, ОДУ краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2020 г. мог бы составить 14,0 тыс. т.

Вместе с тем, риск-анализ превышения ориентиров управления при различной эксплуатации запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море на начало 2021 г. показал увеличение риска уменьшения биомассы ниже B_{tr} и риска превышения E_{tr} при увеличении ОДУ на 2020 г. более 35% (табл. 8). Увеличение ОДУ на 2020 г. на 35% от значения ОДУ, установленного на 2019 г., сопровождается невысокой вероятностью превышения ориентиров управления.

Таблица 8

Риск-анализ превышения ориентиров управления при различной эксплуатации запаса краба-стригуна опилио на начало 2021 г.

Уровень эксплуатации	ОДУ 2020	ОДУ 2019+20%	ОДУ 2019+35%	ОДУ 2019+42%	E_{tr}
Вылов, тыс. т	9,84	11,80	13,25	14,00	76
Параметр риск-анализа	Величина риска (%)				
Уменьшение ниже B_{lim} ($0,3B_{MSY}$), %	0,4	0,4	0,5	0,5	1,7
Уменьшение ниже B_{tr} (B_{MSY}), %	10,4	10,8	11,0	20,3	30,0
Превышение E_{tr}	2,5	2,6	3,5	4,8	59,8

Результаты исследований 2019 г. подтверждают несомненный «растущий» статус промыслового запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море. Вместе с тем, учитывая не завершенные процессы интродукции и формирования структуры популяции краба-стригуна опилио в Баренцевом море, возросший пресс хищничества на краба-стригуна опилио со стороны трески, а также результаты риск-анализа превышения ориентиров управления, целесообразно поэтапное увеличение ОДУ в ближайшие годы. При этом на 2020 г. величина ОДУ рекомендуется на уровне 13,250 тыс. т, что превышает ОДУ на 2019 г. на величину, составляющую около 35%, обеспечивая низкую вероятность превышения ориентиров управления.

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба-стригуна опилио в Баренцевом море на 2020 г. в сторону увеличения на 3,410 тыс. т с 9,840 тыс. т до 13,250 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Результаты расчетов этого года показали, что продукционная модель удовлетворительно описывает исходные данные, однако неспособна фиксировать краткосрочные изменения в пополнении запаса. Оцениваемая биомасса находится значительно выше уровня B_{tr} с 2017 г. Современная промысловая смертность краба-стригуна опилио оценивается существенно ниже уровня E_{tr} . В соответствии с результатами риск-анализа установление ОДУ краба-стригуна опилио в Баренцевом море на уровне 13,250 тыс. т обеспечивает низкую вероятность превышения ориентиров управления.

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Общие требования к оценке воздействия на окружающую среду установлены Федеральным законом «Об охране окружающей среды», в соответствии со ст. 32 которого ОВОС проводится в отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности, которая может оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду.

Возможное негативное воздействие любого вида промысла на окружающую среду может быть прямым и (или) косвенным, К прямому воздействию относятся:

- непосредственное влияние вылова того или иного вида водных биологических ресурсов на состояние его запасов;
- влияние используемых орудий лова на сообщества гидробионтов;
- влияние промысла, связанное со случайным приловом редких видов гидробионтов, занесенных в Красную книгу, морских млекопитающих, птиц и др.;
- возможное загрязнение окружающей среды нефтепродуктами (разливы топлива), льяльными водами, отходами производства;
- засорение акваторий вышедшими из строя орудиями лова или их частями, в т.ч. потерянными орудиями лова и т.д.

Промысел, как дополнительный фактор смертности, уменьшает популяции, что отражается на объемах выедания различных гидробионтов,

что, в свою очередь, может приводить к перестройкам в биоценозах. Это можно считать одним из возможных косвенных видов воздействия на окружающую среду.

Добыча краба-стригуна опилио в Баренцевом море ведется исключительно крабовыми ловушками, собранными в порядки. При подъеме порядка ловушек они поднимаются от дна на протяжении 30-120 минут. За это время большинство мелких гидробионтов успевают покинуть ловушку. По этой причине, при ловушечном лове значимого ущерба донным биоценозам не наблюдается.

Приловы донных рыб при ловушечном промысле краба-стригуна опилио в 2016-2018 гг. по данным наблюдателей оцениваются как незначительные, они колебались в пределах от 0,003 до 0,024 экз./ловушку. По данным наблюдений в 2019 г., прилов донных рыб при ловушечном промысле также оценен как незначительный (0,007 экз./ловушку). Ловушечный промысел краба-стригуна опилио не наносит ощутимого ущерба запасам прилавливаемых донных рыб.

Крабовые ловушки относятся к пассивным орудиям лова и при соблюдении действующих Правил рыболовства при постановке и подъеме не наносят окружающей среде существенного урона.

Вылов краба-стригуна опилио в 2020 г. в объеме, не превышающем ОДУ, при соблюдении Правил рыболовства, не нанесет существенный ущерб его популяции, а также популяциям прочих прилавливаемых гидробионтов, и не нанесет значительного вреда окружающей среде.

Краб синий (*Paralithodes platypus*)

61.01 – Зона Западно-Берингоморская

Исполнитель: А.Г. Слизкин, И.С. Черниенко (Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»))

Кураторы: С.И. Моисеев (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Материалы корректировки общего допустимого улова (ОДУ) краба синего в Западно-Берингоморской зоне на 2020 г. подготовлены на основании новых данных о состоянии запасов данного вида водных биологических ресурсов (ВБР), полученных в ходе учетной донной траловой съемки, выполненной в период с 16 июля по 08 августа 2019 г., и данных промысловой статистики за 2019 г. Кроме того, были использованы данные ловушечных и траловых съемок, выполненных в период с 2005 по 2018 гг.

В 2019 г. в зоне Западно-Берингоморской было выполнено 122 учетные траловые станции. Биологический анализ составил 1269 экз. синего краба (рис. 1).

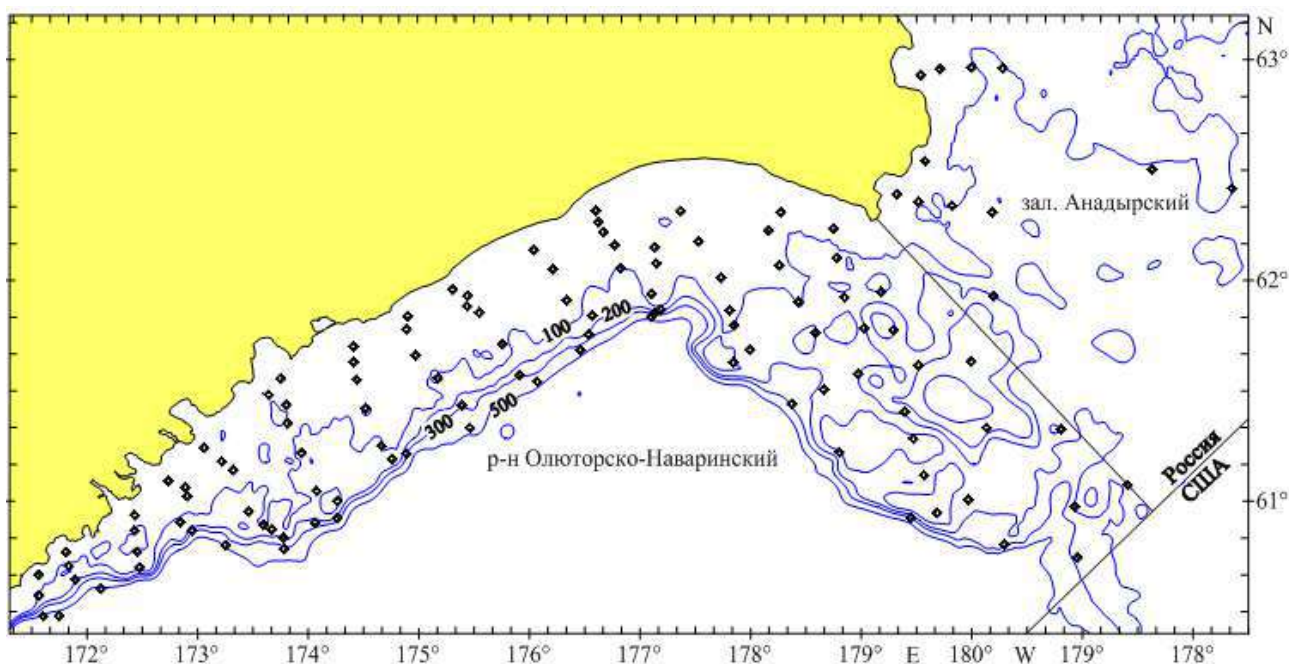


Рис. 1. Карта-схема учетной донной траловой съёмки, выполненной в Западно-Берингоморской зоне в период с 16 июля по 08 августа 2019 г.

В Западно-Берингоморской зоне, на основании гидрологических и орографических особенностей, а также особенностей распределения промысловых видов крабов выделялись следующие районы:

Анадырский – с севера ограничен по $65^{\circ}30'$ с.ш., с юга – по $62^{\circ}39'$ с.ш., с востока ограничен разделительной линией рыболовных зон Российской Федерации и США, с запада проходит по траверзу м. Фаддея;

Олюторско-Наваринский – с севера ограничен береговой линией, с запада и востока ограничен мысами Олюторский и м. Фаддея. Олюторско-Наваринский район подразделялся на 2 подрайона:

- участок между м. Фаддея ($62^{\circ}39'$ с.ш., $179^{\circ}37'$ в.д.) и $176^{\circ}00'$ в.д. (Наваринский подрайон (п/р));

- участок между $176^{\circ}00'$ в.д. и м. Олюторский (Корякский п/р).

В основном, такое районирование связано с особенностями ареалов промысловых видов крабов.

При проведении донной съемки использовали донный трал № 27,1/24,4 м с вертикальным раскрытием 3-4 м и горизонтальным раскрытием 16 м. Нижняя подбора была оснащена двойным набором якорных цепей (150 кг) на 10 см поводцах, верхняя подбора была оснащена 30 куктылями. В качестве грузов-углубителей применена якорная цепь – по 50 кг. Кутцевая часть оснащена мелкоячеистой вставкой с ячейей 10 мм. Скорость траления изменялась в пределах 2,2-3,3 узлов в зависимости от ветра, волнения, течений, состояния грунтов, и в среднем составляла 2,7 узла. Коэффициент уловистости трала для синего краба, как и прежде, принимали равным 0,75.

У крабов выделялись следующие размерные группы: промысловые самцы – ширина карапакса 130 мм и более, непромысловые самцы – ширина карапакса менее 130 мм. Непромысловые самцы подразделялись по ширине карапакса на следующие группы: пререкруты I порядка – 115-129 мм, пререкруты II порядка – 100-114 мм, молодые самцы – менее 100 мм.

Сбор и обработка биологических материалов осуществлялись по стандартным гидробиологическим методикам, принятым в ТИНРО. Были также привлечены данные прошлых лет и применены методы математического моделирования. Данные об объеме промыслового изъятия получены из ИС «Рыболовство».

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка численности крабов и их запасов выполнялась с помощью компьютерной программы ГИС «КартМастер 4.1». Эта модель включает все стратифицирующие переменные, используемые в методе стратификации – координаты и глубину. Плотность описывается некоторой «плавной» функцией $u(x, y, z)$, где x – долгота, y – широта, z – глубина. Метод сплайн-аппроксимации, в отличие от остальных методов, снимает проблему проведения границ страт, так как плотность запаса описывается гладкой функцией.

Имеющиеся данные позволяют отнести уровень информационного обеспечения к третьему уровню, что позволяет применять для оценки запаса и прогнозирования его состояния когортные модели.

Для моделирования динамики запасов крабов и крабоидов, как правило, применяют модели, основанные на динамике численности размерных групп (Length Based Analysis – LBA), а также их частный случай – модели, основанные на динамике численности функциональных групп (CSA) [Collie, J.S, Sissenwine, M.P., 1983; Collie, DeLong, Kruse, 2005].

Для расчета запаса использовали модификацию модели, предложенной специалистами КамчатНИРО [Ильин, Иванов, 2015]. В исходной версии в модели выделены следующие функциональные группы крабоидов: рекруты, пререкруты и промысловые самцы, причем под пререкрутами авторы понимают пререкрутов второго порядка, а под рекрутами – пререкрутов первого. Мы выделили четыре функциональных группы: пререкруты II (100-114 мм по ширине карапакса), пререкруты I (115-129 мм), рекруты (130-149 мм) и пострекруты (150 мм и более).

Динамика функциональных групп описали системой уравнений:

$$\begin{aligned} N_{1,t} &= N_{1,t-1} + \varepsilon_{1,t} \\ N_{2,t} &= e^{-M} p N_{1,t-1} + e^{-M} (1 - p) N_{2,t-1} + \varepsilon_{2,t} \\ N_{3,t} &= e^{-M} p N_{2,t-1} + e^{-M} (1 - p) N_{3,t-1} - C_{3,t-1} + \varepsilon_{3,t} \\ N_{4,t} &= e^{-M} p N_{3,t-1} + e^{-M} N_{4,t-1} - C_{4,t-1} + \varepsilon_{4,t} \end{aligned}$$

где $N_{i,t}$ – численность (экз.) функциональной группы i в год t , $i = 1$ – пререкруты II, $i = 2$ – пререкруты I, $i = 3$ – рекруты, $i = 4$ – пострекруты, p – вероятность линьки, M – мгновенная естественная смертность, C_3 и C_4 – соответственно, уловы (экз.) рекрутов и пострекрутов в год t , $\varepsilon_{i,t}$ нормально распределенные случайные величины со стандартными отклонениями σ_{Ni} .

Динамику численности пререкрутов II рассматривали как случайное блуждание. Уравнения наблюдения имели вид:

$$I_{i,j,t} = q_{i,j} N_{i,t} + \theta_{i,j,t},$$

где $I_{i,j,t}$ – значение индекса для функциональной группы i из источника j в год t , $q_{i,j}$ – коэффициенты улавливаемости для функциональной группы i из источника j , $\theta_{i,j,t}$ нормально распределенные случайные величины со стандартными отклонениями σ_{Iij} . Источниками информации послужили оценки численности (экз.) функциональных групп по материалам учетных траловых съемок ($j=1$), показатели интенсивности промысла из ИС «Рыболовство» ($j=2$) и удельные уловы (экз./лов.), полученные по результатам наблюдений на промысле ($j=3$).

Уравнения переписали в матричном виде и представили в форме пространства состояний [Newman et.al., 2014]:

$$\begin{aligned} I_t &= q N_t + \theta_t \\ N_t &= T N_{t-1} - C_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

где I_t – вектор значений индексов биомассы запаса (улов на усилие, оценка запаса по съемке и т.д.) в год t , q – матрица наблюдения, содержащая коэффициенты улавливаемости, θ_t – вектор ошибок наблюдения в год t , N_t – вектор численностей функциональных групп в год t , T – матрица перехода между состояниями, C_t – вектор уловов по функциональным группам в год t ,

ε_t – вектор шумов процесса в год t . Для представления пространства состояний использовали фильтр Калмана [Ильин, Иванов, 2015].

Параметры p и M полагали незначительно различающимися для всех функциональных групп и приняли равными. Коэффициенты улавливаемости для индексов численности рекрутов и пострекрутов по материалам траловых съемок приняли равными единице. Предрекруты в период проведения съемок находятся на мелководье, на каменистых грунтах, что делает их частично недоступными для тралового учета. По этой причине коэффициенты улавливаемости для этих групп приняли меньшими единицы и оценивали моделью, как и коэффициенты улавливаемости для прочих индексов функциональных групп. Оптимизацию параметров модели выполняли с помощью генетического алгоритма. Расчеты выполняли в среде R [R Core Team, 2018].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Показатели промысла синего краба в Западно-Беринговоморской зоне за последние годы приведены в *таблице 1*. Судя по динамике уловов на усилие, этот показатель с 2014 г. остается на высоком уровне – более 5 т за судосутки. Освоение объемов ОДУ находится на высоком уровне – с 2014 г. превышает 95%.

Таблица 1

Промысловые показатели работы судов в Западно-Беринговоморской зоне на промысле синего краба в 2010-2019 гг.

Год	Количество судов	ОДУ, т	Вылов, т	Средний улов за судосутки, т	Освоение, %
2010	17	1043	897	1,3	86,0
2011	10	1118	1069	1,7	95,6
2012	13	1050	973	2,4	95,6
2013	10	992	885	2,9	89,2
2014	7	1633	1592	5,3	97,5
2015	14	2016	1965	6,0	97,5
2016	16	2258	2180	5,9	96,5
2017	15	2987	2885	10,5	96,6
2018	16	3897	3845	7,1	98,7
2019	21	3997	3830	7,3	95,8

В 2019 г. в Западно-Беринговоморской зоне с 22 января и по декабрь на промысле синего краба работало 21 судно. Суда работали в районах традиционных скоплений промысловых самцов. В Корякском подрайоне (170°00-175°59 в.д., глубины 55-150 м) было выловлено 3368,1 т (85% от ОДУ), количество судосуток составило 447, средний улов на судосутки – 7,45 т. В Наваринском районе на участке с координатами 176°00-178°20 в.д. на глубинах 50-140 м эти показатели, соответственно, составляли 539,9 т, 102 судосуток и 5,29 т. Общий улов составил 3962,4 т. Максимальный улов на судосутки был отмечен в ноябре в Корякском подрайоне на глубине 100 м

и составил 22,8 т. Процент освоения величины ОДУ (3997 тонн) в 2019 г. составил 95,8%.

Оценка величины промыслового запаса в последние годы стабильна. В 2005-2009 гг. оценка варьировала от 5,5 до 6,8 млн экз., а после 2009 г. начала снижаться и в 2011 г. составила всего 3,3 млн экз. Произошло это и в связи с элиминацией старших возрастных групп самцов, и под воздействием промысла. В 2012-2013 гг. численность промысловых самцов возросла до 6,0 и 7,5 млн экз. В 2014 г. промысловый запас увеличился до 13,7 млн экз., а в 2015 г. – до 15,2 млн экз. В 2016 г. он достиг 16,8 млн экз. Увеличение численности промыслового запаса было связано с тем, что большое количество молодых особей (ширина карапакса менее 100 мм) и пререкрутов I и II порядков (ширина карапакса 115-129 и 100-114 мм, соответственно), отмеченное еще в 2010 г. (по данным траловой съемки), к 2012-2016 гг. стало рекрутами и вступило в промысловую часть популяции. В 2017 г. численность промысловых особей увеличилась до 18,1 млн экз. В 2018 г. съемка выполнялась на ограниченном пространстве и была глубоководной, поэтому оценки численности промысловых самцов синего краба оказались в значительной степени занижены.

В последние годы в Западно-Беринговоморской зоне наблюдается ранее прогнозируемая тенденция роста промыслового запаса синего краба и рост его уловов на усилие. Эта тенденция определяется как естественными биологическими причинами, так и максимальным сокращением браконьерства при промысле этого вида.

По результатам съемки 2019 г. средние уловы непромысловых самцов составили 1,7 экз./30 мин. траления (рис. 2).

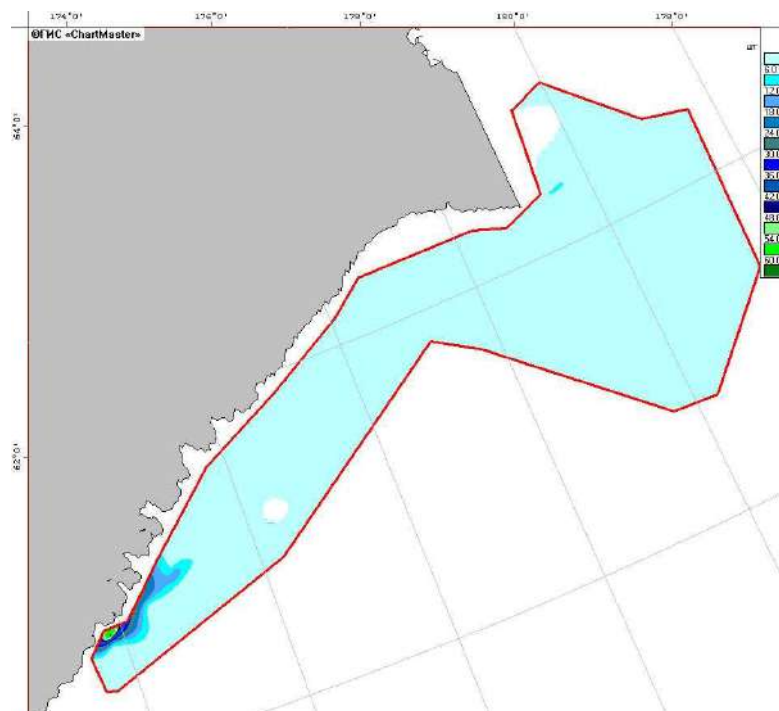


Рис. 2. Распределение непромысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской подзоне в июле-августе 2019 г. Шкала: экз./30 мин. траления.

Промысловые самцы синего краба в районе исследований встречены на глубинах от 20 до 255 м. Обнаружено 4 скопления с максимальными уловами до 31 экз./30 мин. траления (рис. 3). Первое скопление располагалось в южной части района работ в диапазоне глубин 53-108 м, уловы здесь составили 3-25 экз./30 мин. траления. Максимум уловов зафиксирован в координатах 61°08'3 с.ш. - 173°18'8 в.д. на глубине 63 м.

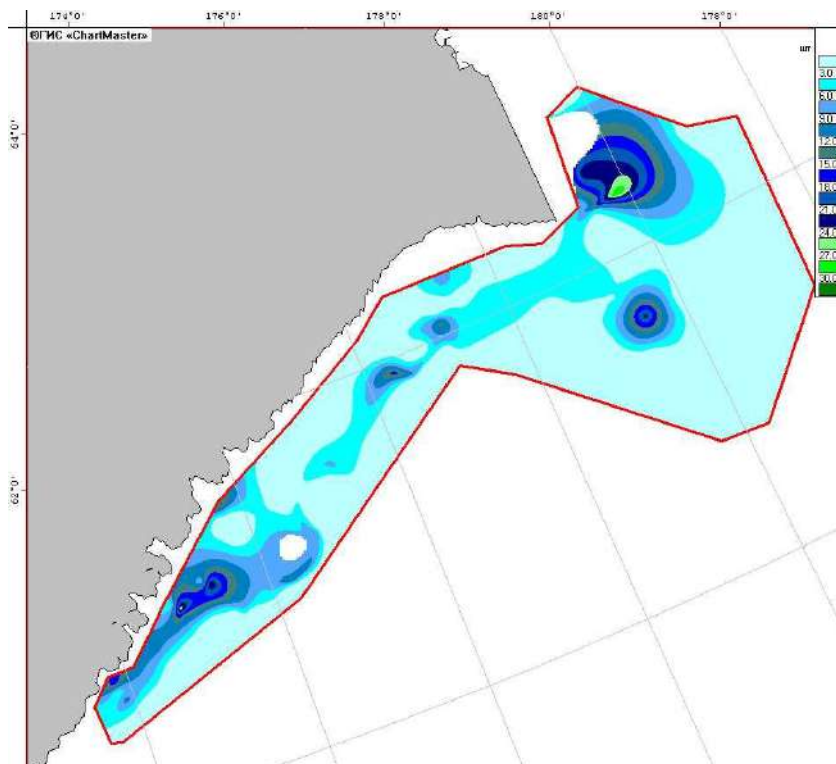


Рис. 3. Распределение уловов промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской подзоне в июле–августе 2019 г. Шкала: экз./30 мин. траления.

Несколько севернее располагалось меньшее по плотности скопление промысловых самцов – 2–17 экз./30 мин. траления, на глубинах 72–102 м. Максимальные уловы зафиксированы здесь в точке 61°55'0 с.ш., 171°26'5 в.д., на глубине 80 м. Третье скопление – ближе к северо-восточной части района на глубинах 118 – 143 м, с уловами 2–23 экз./30 мин. траления, с максимальными уловами на глубине 134 м в координатах 61°37'3 с.ш., 179°30'4 в.д. Еще одно крупное скопление зафиксировано в самой северной части района съемки, на глубинах 23–100 м, с уловами 5-31 экз./30 мин. траления. Максимальные уловы наблюдали в средних координатах 60°20'8 с.ш., 179°50'1 в. д.

Самки синего краба образовывали единственное скопление в южной части района исследований, на глубинах 32-73 м уловы составляли 12-231 экз./30 мин. траления, с максимальными показателями в координатах 61°03'5 с.ш., 172°52'7 в.д. на глубине 64 м (рис. 4). Средние уловы самок в районе исследований составили 5,3 экз./30 мин. траления.

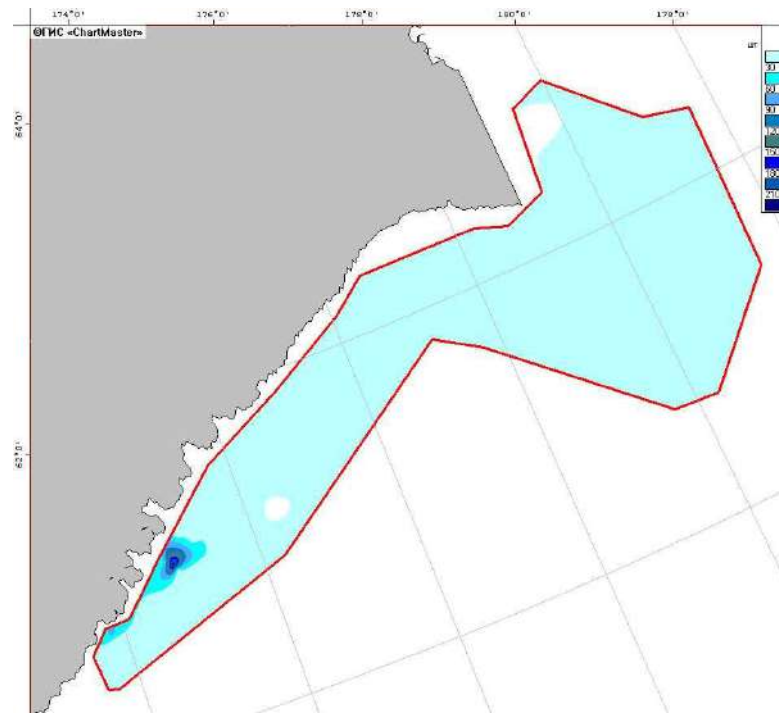


Рис. 4. Распределение уловов самок синего краба в Западно-Беринговоморской подзоне в июле-августе 2019 г. Шкала: экз./30 мин. траления.

Анализ межгодовой динамики соотношения размерных групп и доли промысловых самцов в уловах синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005-2019 гг. показал, что в последние годы в размерной структуре популяции произошли заметные изменения (табл. 2). Так, доля промысловых самцов в 2010 г. составляла 18,7% (самый низкий показатель за предыдущие годы), а затем она начала постепенно повышаться и в 2014 г. составила 66%. В 2015-2016 гг. она увеличилась до 85%, в 2017 г. она была оценена в 67,4%, а в 2019 г. осталась практически на уровне 2017 г. – 66,7%.

Таблица 2
Соотношение размерных групп и доля промысловых самцов в уловах синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005-2019 гг., % (по данным траловых съемок)

Год	Ширина карапакса, мм					Доля пром. самцов, %
	< 100	100-114	115-129	130-149	≥150	
2005	34,3	19,3	13,3	14,5	18,6	33,1
2008	59,1	10,6	4,2	11,1	15,0	26,1
2010	60,0	14,6	6,7	6,8	11,9	18,7
2012	25,5	23,7	23,4	20,5	6,9	27,4
2014	6,3	11,8	15,8	42,2	23,6	66,1
2015	3,5	3,8	7,7	27,0	58,0	85,0
2016	3,1	3,2	8,6	26,0	59,1	85,1
2017	24,6	2,5	5,5	17,2	50,2	67,4
2019	17,8	6,76	7,82	9,45	58,17	34,0

Аналогичным образом происходило и изменение доли крупных самцов (промысловые самцы с шириной карапакса 150 мм и более) – снижение с 11,9% в 2010 г. до 6,9% в 2012 г. Такое заметное снижение доли этой

размерной группы крабов и привело к общему значительному уменьшению доли промысловых самцов в популяции в 2012 г. Это снижение было связано, в первую очередь, как с естественными причинами – элиминацией старших возрастных групп, так и с промысловым изъятием этого вида. Кроме этого, к 2008-2010 гг. произошло уменьшение доли промысловых самцов размером 130-149 мм, но оно к 2015-2016 гг. стабилизировалась на уровне 26%.

Следует отметить, что к 2010 г. заметно возросла доля молодых самцов. Вероятнее всего, это связано с появлением в популяции в 2005-2006 гг. урожайного поколения. Это косвенно подтверждается данными учетных траловых съемок 2005, 2008 и 2010 гг., по их результатам доля молодых самцов составляла, соответственно, 34,3, 59,1 и 60,0% от общего количества самцов. В 2012-2013 гг. часть из них стала рекрутами и пополнила собой промысловую часть популяции. В тоже время, доля молодых самцов в 2014-2016 гг. резко уменьшилась до 3,1-6,5%, однако в 2017 г. она возросла до 24,6% от общего количества самцов, а в 2019 г. опять снизилась до 17,3%.

Средний размер промысловых самцов в 2019 г., по сравнению с результатами траловой съёмки 2017 г., увеличился на 4,2 мм и составил 164,6 мм, увеличение средних размеров промысловых самцов происходит несколько лет подряд. Изменение среднего промыслового размера самцов в 2005-2019 гг. показано в *таблице 3*.

Таблица 3

Средние размеры промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005-2019 гг. (по данным траловых и ловушечных съемок)

Год	ШК промысловых самцов (L±m), мм	Средний вес промысловых самцов (W), кг
2005	153,2±0,8	2,0
2008	153,4±0,2	2,1
2010	156,5±0,5	2,5
2012	142,1±0,4	1,6
2014	146,0±0,3	1,8
2015	154,0±0,7	2,0
2016	156,5±0,3	2,5
2017	160,4±0,3	2,5
2019	164,6±0,3	2,5

По данным траловой съёмки величина запаса пререкрутов I оценена в 2,76 млн экз., рекрутов – 4,129 млн экз., пострекрутов – 16,56 млн экз.

Для оценки состояния запаса выполнена качественная оценка по следующим индикаторам:

- 1) численность промыслового запаса – небольшое повышение – оценка положительная;
- 2) ежегодное пополнение – незначительное увеличение до 2019 г. - оценка удовлетворительная;
- 3) соотношение самки/самцы – оценка нейтральная;

4) средний размер промысловых самцов – увеличивается с тенденцией к повышению - оценка положительная;

5) доля яловых самок в популяции – небольшая - оценка положительная;

6) признаки превышения оптимальной численности – оценка нейтральная.

Из 6 индикаторов 3 показали положительную оценку, 1 – удовлетворительную, 2 – нейтральную. В связи с этим, можно предположить, что в ближайшие два года значительных изменений промыслового запаса синего краба не предвидится.

По результатам моделирования, оценка численности промысловых самцов синего краба зоны Западно-Берингоморской в 2019 г. находилась в доверительном интервале 11,56-18,57 млн экз., в среднем – 15,06 млн экз., биомассы, соответственно, 28,54-45,86 тыс. т и 37,20 тыс. т (рис. 5).

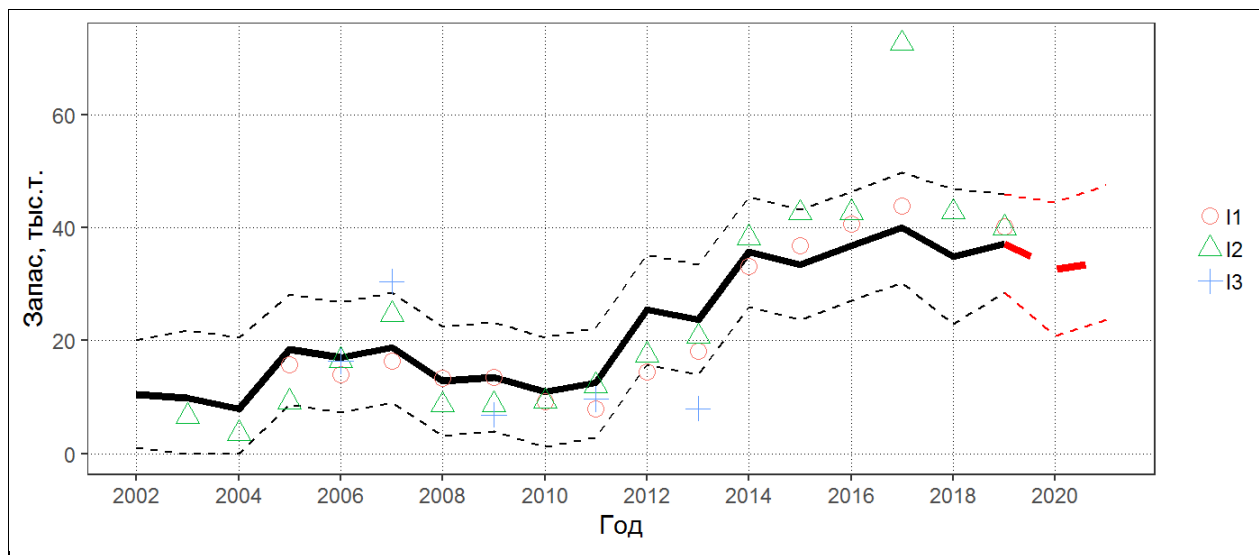


Рис. 5. Динамика биомассы запаса синего краба в зоне Западно-Берингоморской.

I1 – оценка запаса, выполненная методом площадей, I2 – средние уловы на судо-сутки по данным ИС «Мониторинг», I3 – данные наблюдений на промысле.

Определение биологических ориентиров

Целевой и граничный ориентиры по промысловой биомассе, рассчитанные специалистами Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО», составляют 23,27 тыс. т и 9,57 тыс. т. Целевой коэффициент по промысловой эксплуатации определен в 19% от прогнозируемой величины промыслового запаса. В *таблице 4* приведены ориентиры управления промыслом для синего краба зоны Западно-Берингоморской.

Биологические ориентиры для синего краба зоны Западно-Беринговоморской (биомасса в тыс. т)

B_{lim}	B_{tr}	u_0	u_{tr}	u_{lim}
9,57	23,27	0%	19%	30%

Обоснование правил регулирования промысла

Правила регулирования промысла (ПРП) для синего краба Западно-Беринговоморской зоны разработаны на основе модификации предосторожного подхода, принятого во ВНИРО [Бабаян, 2000]. Графическое представление ПРП приведено на *рисунке 6*. 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, $B_{lim} < B_t < B_{tr}$:

$$u_{rec} = \frac{u_{tr} - u_0}{B_{tr} - B_{lim}} (B_t - B_{lim}) + u_0;$$

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

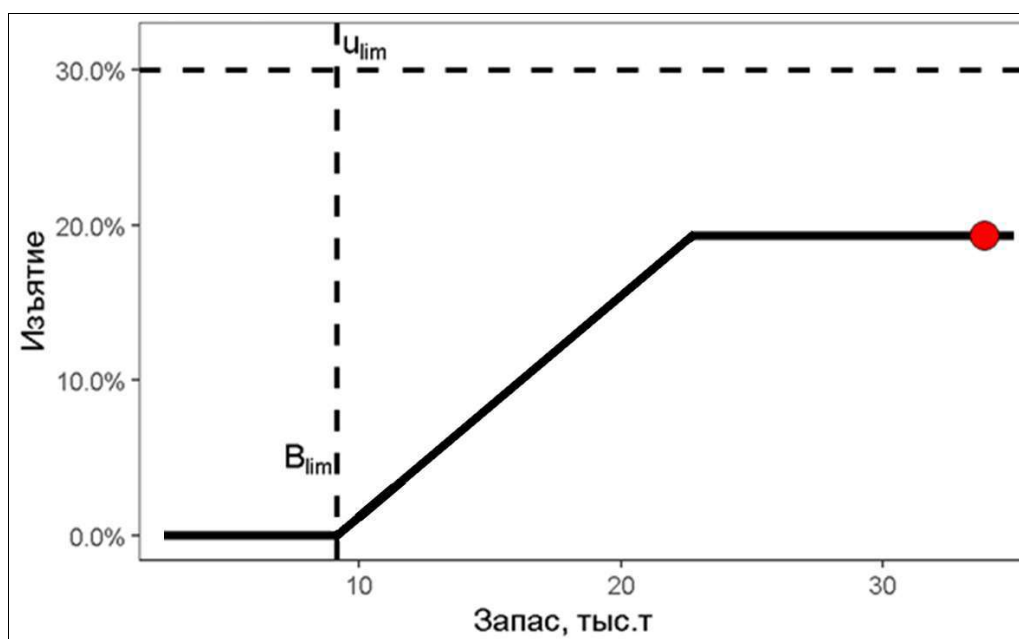


Рис. 6. Графическое представление Правил регулирования промысла синего краба в Западно-Беринговоморской зоне.

Прогнозирование состояния запаса

По результатам моделирования состояния запаса (см. *рис. 5*), ожидаемая в 2020 г. численность синего краба Западно-Беринговоморской зоны находится в 95%-м доверительном интервале 8,47-17,99 млн экз. (20,92-44,45 тыс. т), в среднем составляя 13,23 млн экз. (32,69 тыс. т).

Определение общего допустимого улова

Прогнозируемая на 2020 г. величина промысловой биомассы синего краба в Западно-Беринговоморской зоне (32,69 тыс. т) превышает значение целевого ориентира по биомассе (23,27 тыс. т). В соответствии с Правилем регулирования промысла (рис. 6), для определения ОДУ краба синего Западно-Беринговоморской зоны может быть применен целевой коэффициент изъятия 19%. При этом, ОДУ мог бы составить около 6,2 тыс. тонн. Вместе с тем, Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов определены предельные уровни ежегодных изменений ОДУ в зависимости от вида водного биоресурса и текущего статуса запаса. Исходя из стабильного состояния запаса синего краба в Западно-Беринговоморской зоне, ежегодные изменения ОДУ должны находиться в пределах $\pm 16\%$. Данный подход обеспечивает снижение влияния возможной погрешности прогнозируемой величины запаса с помощью математических моделей. В связи с этим, на 2020 г. предлагается скорректировать величину ОДУ синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в сторону увеличения на 16% (640 тонн) от утвержденной величины ОДУ 3,997 тыс. тонн.

Таким образом, **рекомендуется корректировка объемов ОДУ краба синего в Западно-Беринговоморской зоне на 2020 г. в сторону увеличения на 0,640 тыс. т с 3,997 до 4,637 тыс. тонн.**

Воздействие промысла на окружающую среду

Промысел синего краба, как и других видов крабов, традиционно ведется разного типа ловушками – коническими, пирамидальными и прямоугольными. Присутствие их на дне само по себе никакого влияния на биоценозы не оказывает. Воздействие ловушечного промысла на окружающую среду может быть связано, главным образом, с приловом некоторых гидробионтов, которые попадают в ловушки в небольших количествах в качестве прилова, составляя меньше одного процента улова. В обшитой делью ловушке размер ячеей позволяет рыбе и промысловым беспозвоночным (в основном это трубачи и морские ежи) попадать в ловушки через дель или открытый вход. В обтянутых делью ловушках, в обязательном порядке, предусмотрены специальные окна, обшитые хлопчатобумажной нитью, которая через некоторое время пребывания в воде растворяется, и в ловушке образуется отверстие. Поэтому, в случае обрыва ловушки, случайно попадающие туда животные могут свободно выйти из ловушки. Относительно негативным моментом является то, что за десятилетия промысла количество потерянных на дне ловушек достаточно велико, но за короткий период времени у таких ловушек дель и металлический каркас ловушек покрываются организмами-обрастателями, и эти же ловушки уже служат искусственным рифом и хорошим убежищем для многих гидробионтов на равнинных участках шельфа и материкового склона. В целом же, можно отметить, что воздействие крабового промысла на окружающую среду крайне незначительно.

Краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio*)

**61.05 – Зона Охотское море,
61.05.3 – Подзона Восточно-Сахалинская**

Исполнитель: Е.Р. Первеева (Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«СахНИРО»))

Куратор: Д.О. Сологуб (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ информационного обеспечения

Материалы корректировки общего допустимого улова (ОДУ) краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне на 2020 г. подготовлены на основании новых данных о состоянии запасов данного вида водных биологических ресурсов (ВБР), полученных в ходе учетной донной траловой съемки, выполненной в 2019 г. (рис. 1), и данных промысловой статистики за 2019 г.

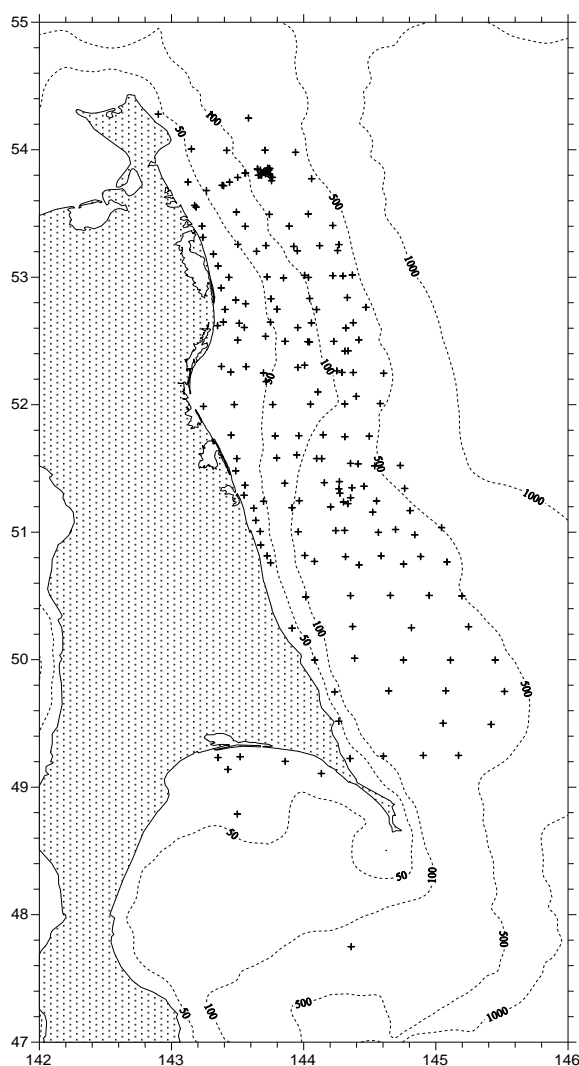


Рис. 1. Карта-схема траловых учетных станций, выполненных в 2019 г. в Восточно-Сахалинской подзоне.

Состояние запаса краба-стригуна опилио Восточно-Сахалинской подзоны оценивается по двум участкам: северо-восточного (севернее 49°с.ш.) и юго-восточного Сахалина (южнее 49°с.ш.). Ретроспективный анализ биологического состояния, оценка и прогноз численности, определение ориентиров управления выполнены отдельно для каждой из этих группировок в силу того, что исследования в течение многих лет проводили для этих частей подзоны в разные годы раздельно. Вместе с тем, обоснование величины ОДУ выполнено суммарно для всей подзоны.

Для оценки многолетней динамики состояния запаса краба у северо-восточного Сахалина использованы данные траловых учетных съемок за период с 1987 по 2019 гг. – более 2200 станций и 44 тыс. экз. промеров и биоанализов (табл. 1).

Таблица 1

Объем материала, собранного при проведении траловых учетных работ у северо-восточного Сахалина за период с 1987 по 2019 гг.

Год	Сроки проведения	Название судна	Количество станций	Количество биоанализов	
				М	Ф
1987	август	«Пермское»	82	3401	704
1988	июль-август	«Ленск»	75	6602	2391
1989	июль-август	«Современник»	90	2005	394
1991	август	«Гидронавт»	30	740	418
1992	октябрь	«Гидронавт»	48	1007	289
1997	май-август	«Дм.Песков»	124	1016	783
1998	май-август	«Дм.Песков»	113	2205	1095
1999	октябрь-ноябрь	«Дм.Песков»	208	1580	825
2000	октябрь	«Дм.Песков»	119	1142	353
2001	сентябрь-октябрь	«Дм.Песков»	157	2209	942
2002	сентябрь-октябрь	«Дм.Песков»	119	628	259
2003	август-сентябрь	«Дм.Песков»	189	146	103
2004	сентябрь	«Дм.Песков»	98	527	166
2005	октябрь	«Проф. Пробатов»	103	257	33
2006	сентябрь-октябрь	«Дм.Песков»	116	398	200
2007	октябрь-ноябрь	«Дм.Песков»	84	748	266
2010	август	«Дм.Песков»	100	1029	376
2012	август	«Проф. Пробатов»	96	718	237
2014	июль-август	«Дм.Песков»	65	952	140
2019	август-октябрь	«Дм.Песков»	200	5597	1814

При формировании корректировки прогноза ОДУ краба-стригуна опилио на этом участке подзоны на 2020 г. исходными данными послужили материалы учетной траловой съемки (лето–осень 2019 г., 200 станций, 49°06' –54°17' с.ш., 9–656 м, биоанализ 7411 особей краба обоих полов). В 2019 г. траления у Восточного Сахалина выполняли донным тралом ДТ 27,1/24,4 с коэффициентом уловистости равным 0,4.

Кроме того, привлечены материалы контрольного лова и научно-исследовательских работ за 1990–2008 гг. и 2015–2018 гг. (стандартные

ловушки японского образца). Всего за указанный период у северо-востока Сахалина выполнено более 7 тыс. ловушечных станций, на биоанализ взято более 132 тыс. экз. краба обоих полов. В летний период 2018 г. работы здесь проводили сотрудники ВНИРО и ТИНРО (92 постановки ловушечных порядков, 1904 экз. крабов взято на промер и биоанализ).

В юго-восточной части Восточно-Сахалинской подзоны использовали материалы, полученные при проведении траловой учетной съемки летом 2014 г. в координатах 46°52' –48°30' с.ш., на глубинах от 37 до 350 м (табл. 2). Было выполнено 30 станций, на промер и биоанализ взято более 400 самцов и самок краба. В 2015–2018 гг. траловые исследования не проводились.

Таблица 2

Объем материала, собранного при проведении траловых учетных работ у юго-восточного Сахалина за период с 1987 по 2019 гг.

Год	Сроки проведения	Название судна	Количество станций	Количество биоанализов	
				М	Ф
1987	июль	«Пермское»	65	3401	704
1988	июль-август	«Ленск»	75	6602	2391
1989	июль-август	«Современник»	90	2005	394
1997	июль	«Дм.Песков»	48	620	70
1998	июль-август	«Дм.Песков»	59	356	138
2000	август, октябрь	«Дм.Песков»	66	320	370
2002	сентябрь-октябрь	«Дм.Песков»	93	575	225
2004	сентябрь	«Дм.Песков»	58	675	379
2011	июль-август	«Проф. Пробатов»	107	1572	655
2014	август	«Дм. Песков»	30	367	42
2019*	сентябрь	«Дм. Песков»	8	200	133

Примечание: 2019* – только юго-восточнее мыса Анива

В 2019 г. стригун опилио в уловах трала в кутовой части залива Терпения не встречался. На участке подзоны юго-восточнее мыса Анива выполнено 8 траловых станций. За весь период ловушечных наблюдений, включая 2016-2017 и 2019 гг. (юго-восточнее мыса Анива), у юго-восточного Сахалина суммарно осуществлено около 3050 выборок порядков, на промер и биоанализ взято около 87,5 тыс. экз. самцов и самок краба.

Имеющиеся данные соответствуют III уровню информационной обеспеченности, согласно Приказа Росрыболовства № 104 от 06.02.2015 г.

Обоснование выбора метода оценки запаса

Для оценки численности и прогнозирования ОДУ возможно использование различных методов, но для краба-стригуна опилио имеющиеся в настоящее время данные могут ограничивать возможности применения тех или иных методов.

1. Метод изолиний Аксютиной (метод площадей) [Аксютин, 1968]. Запас рассчитывали, учитывая возможности проведения траловых съемок. Использовали метод страт (с выделением зон равновеликих уловов), сплайн-

аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Wackernagel, 1995; Keckler, 1994].

2. Метод полигонов на основе обобщенной модели Лесли с фильтром Калмана (ОМЛ ФК) [Михеев, Михеев, 2007]. При ведении промысла на ограниченных участках акватории оценить промысловый запас для всей подзоны невозможно. В Восточно-Сахалинской подзоне промысел не велся с 2004 г. по 2016 г., то есть, промысловые данные отсутствуют за долгий период времени.

3. Анализ кривой вылова (Catch Curve Analysis – CCA). Построен на предположении, что рост линейных размеров краба происходит в соответствии с кривой Бергаланфи, размерно-половая структура популяции в межгодовом аспекте стабильна, а убыль численности поколений происходит по экспоненциальному закону [Chapman, Robson, 1960; Jones, 1984]. Терминальная линька у крабов-стригунов позволяет использовать данный метод лишь частично - для получения некоторых вспомогательных параметров.

4. Имеющиеся промысловые данные (запрет промысла с 2004 г., промышленный лов возобновлен в подзоне в 2016 г.) для оценки биомассы и прогноза ОДУ краба-стригуна опилио в настоящее время недостаточны для полноценного использования продукционных моделей, например, Деризо-Шнютэ [Deriso, 1980; Schnute, 1987].

5. Качественная оценка состояния популяции методом «светофоров» [Caddy, 1999; Буяновский, 2012]. По приоритетным (промысловая численность/биомасса, уловы на ловушку, промысловые усилия, динамика ежегодного вылова и другие) и вспомогательным (средний размер промысловых самцов, их доля в уловах, плодовитость, доля «широкопалых» и «узкопалых» самцов и т.п.) индикаторам можно оценить величину биологических ориентиров для построения Правила регулирования промысла.

В отношении краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне имеются источники неопределенности – отсутствие достаточного ряда данных по промысловым усилиям, промысловым уловам и вылову, а также длительные перерывы в оценках численности за последние несколько лет. По этой причине для оценки состояния популяции использован индикаторный метод. В качестве индикаторов состояния запаса применяются данные прямого учета, полученные в ходе учетных съемок.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Северо-восточный Сахалин. Промысловая численность краба-стригуна опилио у северо-восточного Сахалина подзоны снизилась с 72 в 1992 г. до 39 млн. экз. в 1997 г. По материалам траловых съемок 2002–2007 гг. численность краба-стригуна опилио находилась на минимальном уровне. Минимума за время исследований промысловый запас краба достигал в 2006 г. (чуть более 1 млн экз.). Динамика промысловой биомассы краба-

стригуна опилю (траловые учетные съемки) у северо-восточного Сахалина приведена на *рисунке 2*.

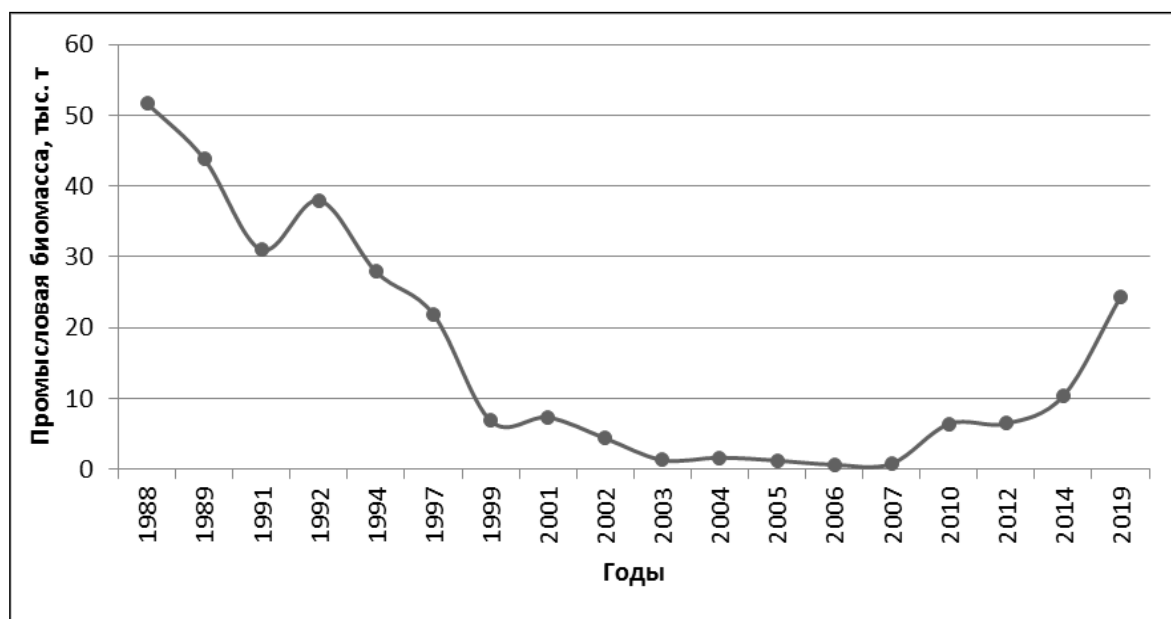


Рис. 2. Динамика биомассы промысловых самцов краба-стригуна опилю у северо-восточного Сахалина за ряд лет, по данным траловых съемок.

Введение в подзоне в 2004 г. временного запрета на промышленный лов привело, по траловым (2010–2019 гг.) и ловушечным (2015–2018 гг.) данным, к положительным сдвигам в состоянии запаса краба-стригуна опилю в Восточно-Сахалинской подзоне и увеличению промысловой численности выше уровня 1999 г. За последние годы значительно возросли плотность промысловых самцов и площадь их распространения в этой части подзоны. Увеличение площади и плотности скоплений краба-стригуна опилю наглядно демонстрируют карты пространственного распределения промысловых самцов (более 100 мм по ширине карапакса) у северо-восточного Сахалина в летний период 2003, 2012, 2014 гг., по данным траловых учетных съемок (*рис. 3*).

Наиболее высокие средние плотности скоплений промысловых самцов стригуна опилю летом 2014 г. наблюдались на глубинах 120–480 м, непромысловых – от 120 до 155 м, самок – от 100 до 250 м. Средняя плотность скоплений промысловых, непромысловых самцов и самок составляла 268, 815 и 392 тыс. экз./кв. км, соответственно.

Распределение, по данным траловых уловов, промысловых самцов краба-стригуна опилю у северо-восточного Сахалина, по результатам работ в 2019 г. приведено на *рисунке 4*. Плотность скоплений промысловых особей, по данным траловой съемки, достигала на глубинах от 24 до 652 м максимума в 4475,1 экз./кв. км (в среднем – 524,7 экз./кв. км), непромысловых самцов на тех же глубинах – 37937,6 экз./кв. км (в среднем – 3019,3 экз./кв. км), самок – на меньших глубинах от 16 до 453 м – 5962,0 экз./кв. км (в среднем – 550,7 экз./кв. км).

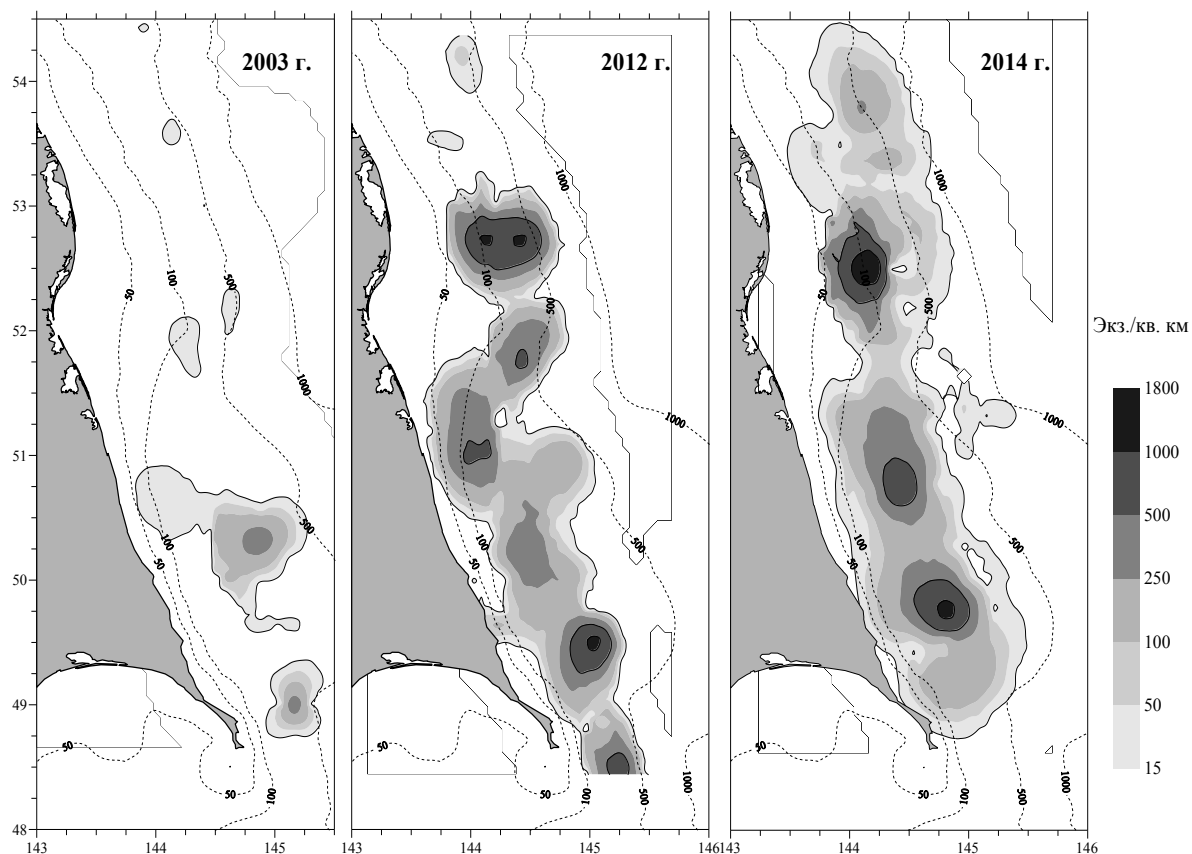


Рис. 3. Пространственное распределение промысловых самцов краба-стригуна опилию (более 100 мм по ширине панциря) у северо-восточного Сахалина в летний период 2003, 2012, 2014 гг., по данным траловых учетных съемок. 2003 г. – год, предшествующий введению запрета на промышленный лов.

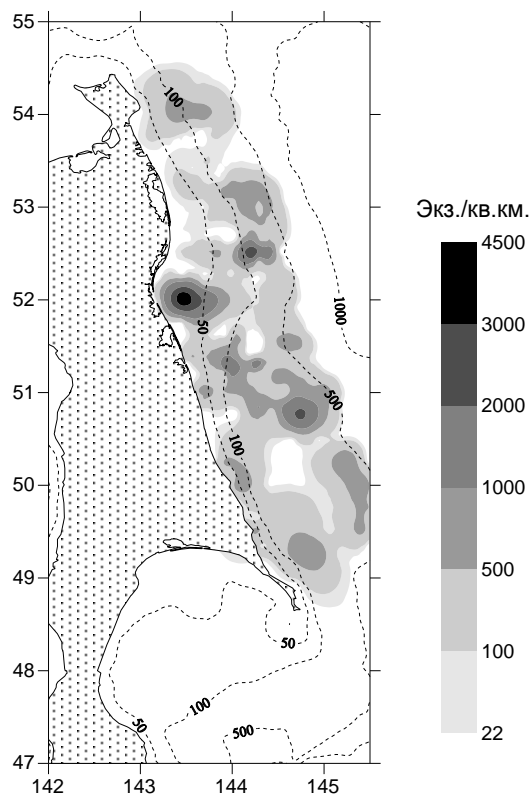


Рис. 4. Пространственное распределение промысловых самцов краба-стригуна опилию у северо-восточного Сахалина в летне-осенний период 2019 г., по траловым данным.

По материалам ловушечных наблюдений, проведенных СахНИРО, у северо-восточного Сахалина в мае–июле и октябре 2016 г. уловы на ловушку промысловых самцов краба достигали в среднем 16,5 экз./лов., осенью 2017 г. – 29,7 экз./лов.

В 2018 г. результаты ловушечных работ в районах 49°05′–50°31′ и 51°54′–53°30′ с.ш., проведенные сотрудниками ВНИРО и ТИНРО, показали, что суточный вылов одного судна самцов краба-стригуна опилио в северной части района исследований варьировал от 0,740 до 9,620 т, достигая в среднем 2,344 т. Средний улов на ловушку промысловых самцов составлял на северном участке работ 35,2 экз./лов., на южном – 21 экз./лов. (рис. 5).

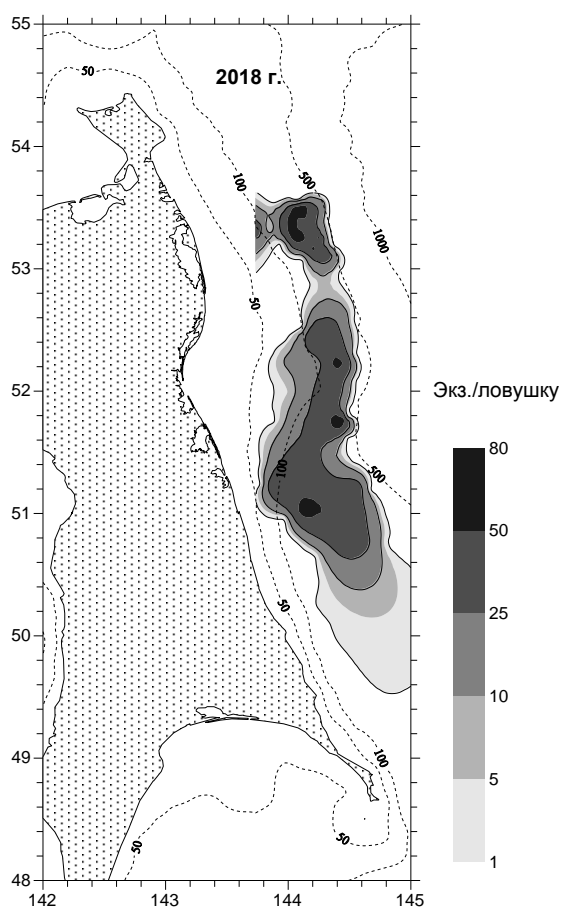


Рис. 5. Распределение промысловых самцов краба-стригуна опилио у северо-восточного Сахалина в летний период 2018 г., по ловушечным данным.

Несмотря на то, что учетные съемки выполнены на различных участках Восточно-Сахалинской подзоны, наблюдаемый рост уловов на усилие промысловых самцов свидетельствует о восстановлении запаса краба.

Некоторые параметры размерной структуры краба-стригуна опилио северо-востока Сахалина за ряд лет по ловушечным данным (НИР и мониторинг на промысле) показаны в *таблице 3*. Средний размер самцов краба-стригуна опилио в уловах ловушек снизился с 11,3 см (начало исследований) до 9,8-10,4 см (период запрета). В последние годы наблюдается его рост до величины порядка 11 см. Соответственно, доля промысловых крабов в уловах ловушек достигала в 2016–2018 гг. 88–94%.

Динамика среднего размера самцов и доли промысловых особей краба-стригуна опилю у северо-востока Сахалина за ряд лет в ловушечных уловах

Год	Средний размер, см	Стандарт. ошибка, см	Экз.	Кол-во пром. самцов, %
1990	11,3	0,02	8462	93,2
1993	11,1	0,02	5620	92,1
1994	10,8	0,03	1643	84,2
1995	10,7	0,12	7850	76,9
1996	10,7	0,03	2761	74,3
1997	10,6	0,01	7342	71,1
1998	10,6	0,01	8880	71,1
1999	10,4	0,03	2510	70,3
2000	10,0	0,01	4376	47,3
2001	10,2	0,01	30911	58,3
2002	10,2	0,01	7892	53,6
2003	10,3	0,01	10826	57,3
2005	9,8	0,01	11406	49,3
2006	10,2	0,03	10959	56,9
2007	10,4	0,02	5420	67,7
2008	10,3	0,02	3643	67,5
2015	11,2	0,02	1584	87,6
2016	11,4	0,03	2379	87,8
2017	11,1	0,01	6013	94,4
2018*	11,0	0,02	1776	90,7
2018**	11,3	0,02	4441	92,0

Примечание: * – данные ТИНРО, ** – данные ВНИРО.

В траловых уловах в течение последних лет средний размер самцов был выше среднегодовалого и изменялся от 83 до 94 мм, а доля промысловых особей превышала четверть уловов, достигая максимума в 40% в 2005 г., когда в уловах было мало молоди (рис. 6). Масса самцов составляла в среднем 311 г (промысловых – 586 г), самок – 52 г.

Такие изменения в размерной структуре являются следствием накопления в популяции крупноразмерных самцов в условиях отсутствия официального промысла до 2016 г.

Популяция стригуна опилю Восточно-Сахалинской подзоны после многолетнего запрета на промышленный лов на данный момент, несомненно, восстанавливает свою численность. Промысловые численность и биомасса, рассчитанные по данным траловых учетных съемок 2014 и 2019 гг., показаны в таблице 4. Промысловые численность и биомасса у северо-восточного Сахалина, по сравнению с данными 2014 г., возросли до 47,8 млн. экз. и 24,4 тыс. т.

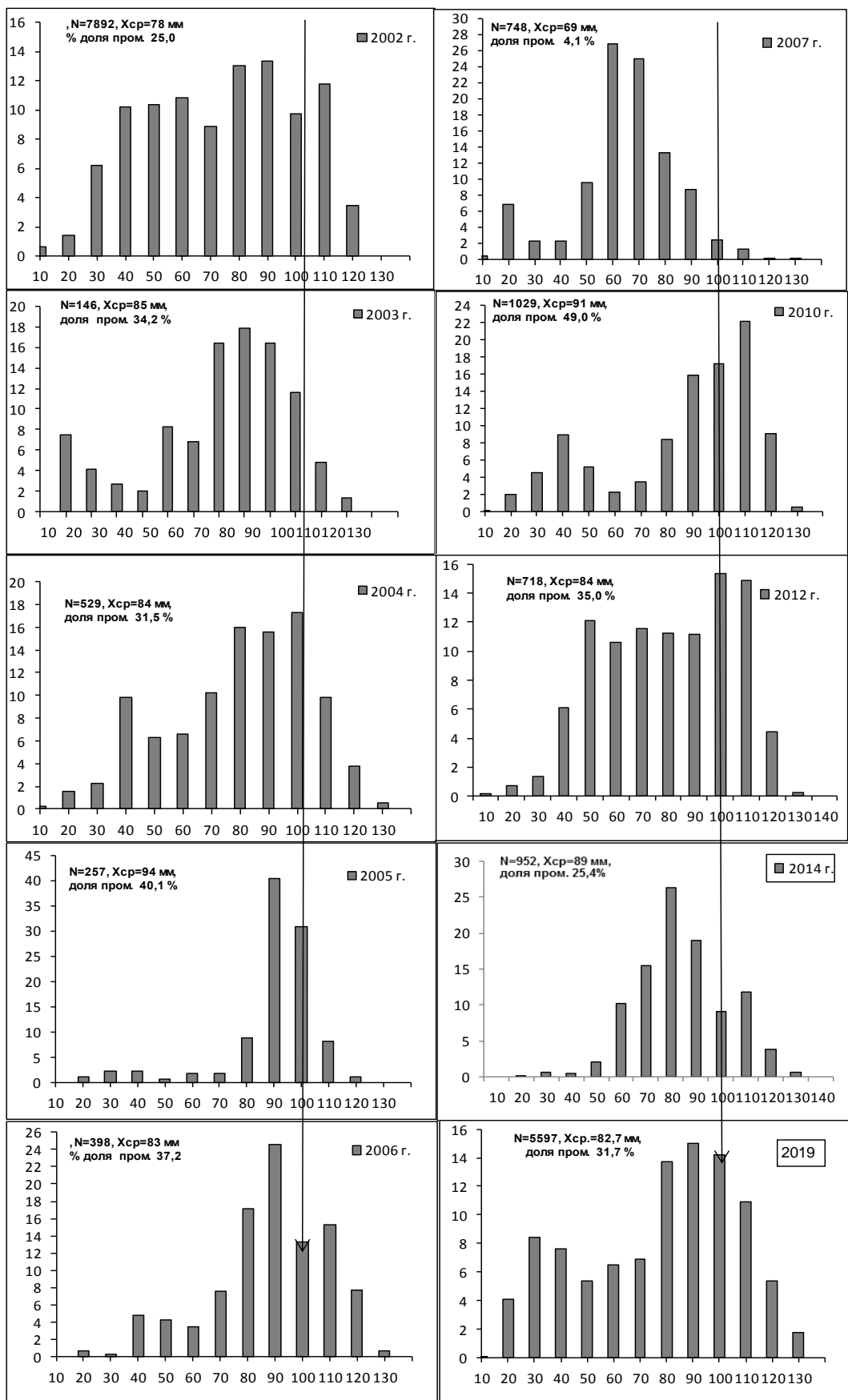


Рис. 6. Размерный состав самцов краба-стригуна опилию северо-восточного Сахалина (траловые учетные съемки). По оси абсцисс – ширина карапакса (мм), по оси ординат – доля в уловах (%), стрелкой показан промысловый размер.

Промысловая численность и биомасса краба-стригуна опилю у северо-восточного Сахалина, по данным траловых учетных съемок 2014 и 2019 гг.

Метод	Год	Расчетная численность промысловых самцов, млн экз.	Биомасса промысловых самцов, тыс. т	Средний вес промысловых самцов, кг
Сплайн-аппроксимация, ГИС КартМастер 4.1	2014	17,755	10,404	0,586
Сплайн-аппроксимация и геостатистическая интерполяция (<i>Kriging</i>)	2019	47,828	24,392	0,510

В 1990–2008 гг. и 2016–2018 гг. у северо-восточного Сахалина проводили исследования с помощью крабовых ловушек японского образца. Данные за 2017-2018 гг. были предоставлены сотрудниками ТИНРО и ВНИРО. Динамика средних уловов на усилие промысловых самцов за указанный период показана на *рисунке 7*.

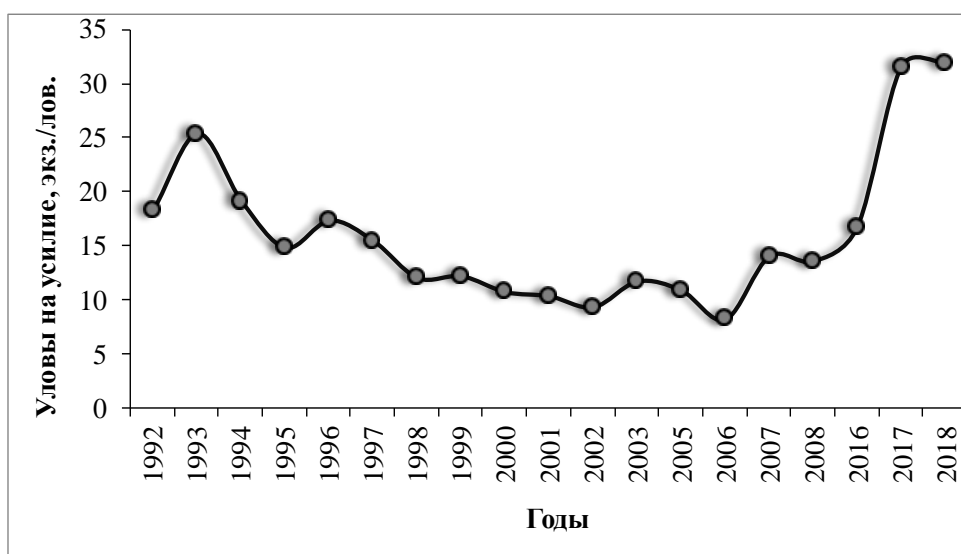


Рис. 7. Динамика уловов на усилие промысловых самцов краба-стригуна опилю у северо-восточного Сахалина за ряд лет (японские конические ловушки). С 2004 до 2015 гг. – запрет на промышленный лов.

У северо-восточного Сахалина уловы промысловых самцов стригуна опилю уменьшились, в среднем, с 25,4 экз./лов. в начале 1990-х гг. XX века до 8,3 экз./ловушку в 2006 г. В сентябре 2017 г. сотрудники ТИНРО проводили исследовательские работы на участке Восточно-Сахалинской подзоны в районе 49°18'–50°46' с.ш., 144°04'–145°14' в.д. на глубинах 116–360 м. Уловы промысловых самцов здесь достигали в разных диапазонах глубин в среднем 31,6 экз./ловушку, варьируя от 22,9 до 42,9 экз./ловушку (200-250 м) (*табл. 5*).

Таблица 5

Уловы самцов краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне, на различных диапазонах глубин, осенью 2017 г. на участке 49°18'–50°46' с.ш., 144°04'–145°14' в.д. и летом 2018 г. на участке 50°44'–53°31' с.ш., 143°45'–144°40' в.д., (экз./лов.)

Глубина, м	Промысловые самцы			Непромысловые самцы		
	мин.	макс.	средний	мин.	макс.	средний
2017 г.						
116–150	14,4	36,3	24,3	0,9	4,8	2,7
150–200	12,6	51,5	36,6	0,2	3,8	2,1
200–250	29,0	57,3	42,9	0,4	6,5	2,5
250–300	14,8	34,5	26,7	0,8	3,4	1,6
300–360	14,1	39,9	22,9	0,0	0,3	0,2
2018 г.						
50-100	0,0	45,8	21,1	2,6	14,0	7,2
101-150	13,3	62,0	36,8	0,0	8,6	3,2
151-200	24,5	102,3	43,2	0,0	5,9	3,0
201-250	22,0	84,6	46,8	0,0	8,6	2,6
251-300	8,9	56,0	36,6	0,0	6,6	2,8
301-350	20,0	92,9	46,4	0,0	10,3	3,6
351-400	0,0	37,0	19,2	0,0	1,0	0,4

В 2018 г. также были получены высокие уловы на усилие самцов краба-стригуна опилио. Силами сотрудников ТИПРО был собран биологический материал на ловушечном промысле стригуна опилио у северо-восточного Сахалина в пределах координат 50°44'–53°31' с.ш. на глубинах от 72 до 431 м. Средний улов самцов краба в указанном районе составлял около 40 экз./ловушку. Сотрудники ВНИРО при осуществлении исследований при использовании крабовых ловушек на участке Восточно-Сахалинской подзоны в пределах координат 49°05'–50°30' с.ш. на глубинах 130–450 м получили сведения о среднем улове промысловых самцов краба более 30 экз./ловушку. Максимум среднего улова на усилие достигал в диапазонах глубин 200-250 и 300-350 м.

Юго-восточный Сахалин. Состояние запасов стригуна опилио юго-восточного Сахалина, как и северо-восточного, в настоящее время демонстрирует признаки восстановления численности. Накопленный многолетний материал по динамике уловов на усилие показал, что с начала исследований до 2005 г. имела устойчивая тенденция снижения ловушечных уловов самцов стригуна опилио. За указанный период времени уловы на усилие промысловых самцов снизились с 25 до 7 экз./ловушку.

По данным НИР, проведенных ВНИРО в 2016 г. (95 выборок крабовых порядков), величина среднего улова самцов краба промыслового размера у юго-восточного Сахалина достигала 16,5 экз./ловушку (рис. 8).

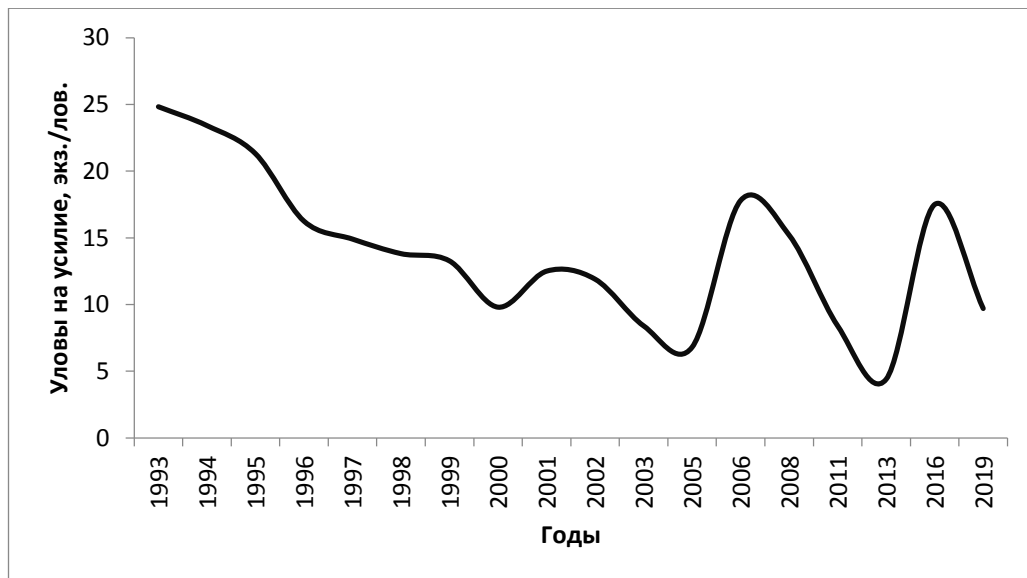


Рис. 8. Динамика уловов на усилие промысловых самцов краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина, по данным контрольного лова и НИР за ряд лет (японские конические ловушки). Данные за 2011, 2013 и 2019 гг. – только юго-восточнее м. Анива.

Учтенная численность и биомасса промысловых самцов у юго-восточного Сахалина к середине 2000-х гг., по траловым данным, снизились более чем на порядок. За период с 1988 по 2004 гг. численность промыслового запаса уменьшилась с 19,8 до 1,5 млн. экз. Таким образом, до последнего времени, как и на северо-востоке Восточно-Сахалинской подзоны, происходило значительное снижение численности и биомассы промыслового запаса (рис. 9). В 2004 г. здесь также был введен временный запрет на промышленный лов.

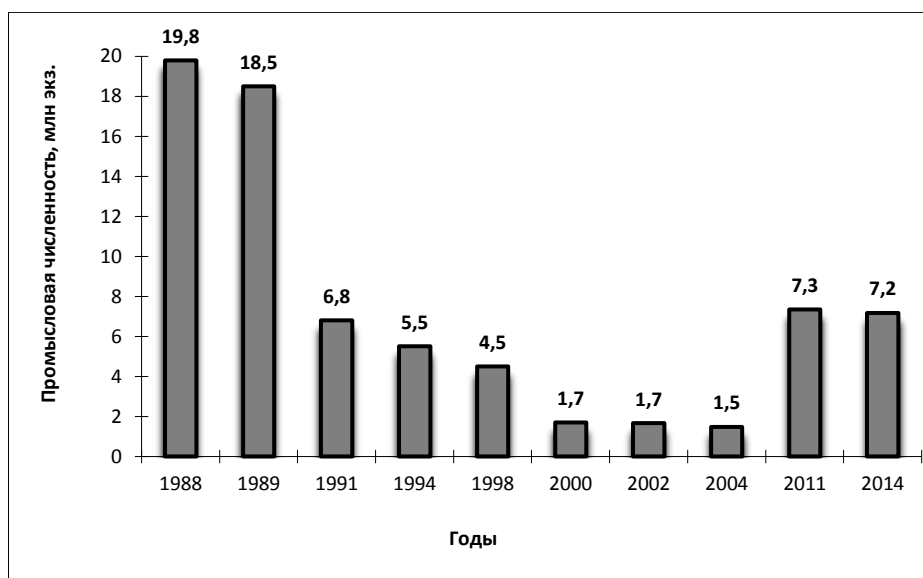


Рис. 9. Динамика численности промысловых самцов краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина за ряд лет, по данным траловых съемок.

К 2008 г. зафиксировано увеличение средних уловов промысловых самцов по сравнению с более ранним периодом. В пределах скопления краба

юго-восточнее мыса Анива уловы в среднем достигали 15–18 экз./ловушку. Ранее здесь базировалась добыча краба, чему способствовали относительно высокие уловы и близость рынков сбыта. В 2011, 2013 и 2019 гг. ловушечные исследования проводили по комплексу промысловых крабов на небольшом участке акватории на том же участке подзоны. Были обловлены не все глубины, где концентрируются промысловые скопления стригуна опилю, а уловы промысловых самцов этого вида крабов в среднем составляли около 8–10 экз./ловушку.

Летом и осенью 2016 г. у юго-восточного Сахалина силами ВНИРО были проведены ловушечные работы. Исследования были выполнены на участках с координатами 45°00'–45°59' с.ш. и 48°02'–48°44' с.ш. на глубинах 18–217 м. Уловы промысловых самцов в среднем достигали 17,4 экз./лов., непромысловых – 4,4 экз./лов.

Материалы траловой учетной съемки 2014 г. также указывают на признаки восстановления запасов краба-стригуна у юго-восточного Сахалина. Так, расчетная численность промысловых самцов в 2014 г. составила 7,170 млн экз., что несколько превышает промысловую численность, определенную по материалам траловых учетных работ в 1991 г.

Распределение промысловых самцов краба у юго-восточного Сахалина в 2011 и 2014 гг. приведено на *рисунке 10*. Уловы промысловых самцов в 2014 г. составляли 5,2 экз./траление. Пространственная локализация наиболее плотных скоплений промысловых самцов осталась сходной.

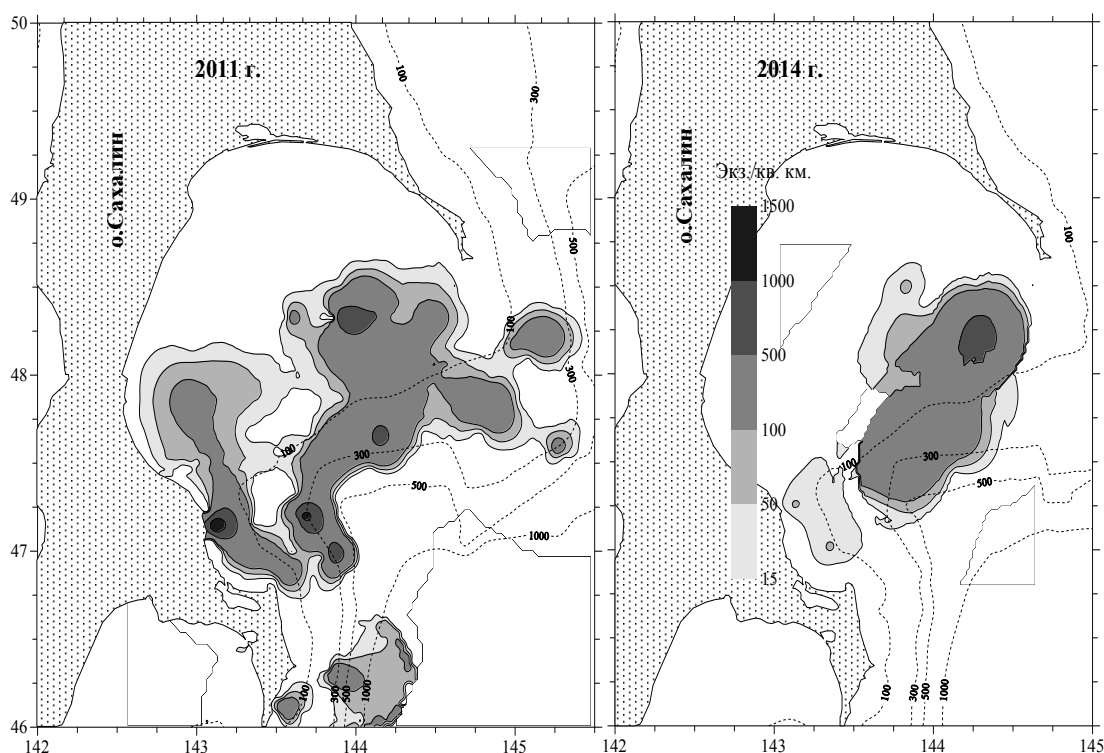


Рис. 10. Пространственное распределение промысловых самцов краба-стригуна опилю у юго-восточного Сахалина в 2011 и 2014 гг. по данным траловых учетных съемок.

В 2014 г. средний размер самцов в уловах трала составлял 8,9 см, наибольший – 13,7 см, самок – 5,7 и 7,0 см, соответственно. В уловах учетного трала было отмечено много молодежи стригуна опилио, поэтому доля промысловых самцов в уловах трала не превышала 20%. Средняя масса промысловых самцов стригуна опилио у юго-востока Сахалина в уловах трала в 2014 г. составляла 0,505 кг, непромысловых особей – 0,243 кг, самок – 0,068 кг. На *рисунке 11* представлены данные по динамике среднего размера самцов краба у юго-восточного Сахалина в траловых уловах.

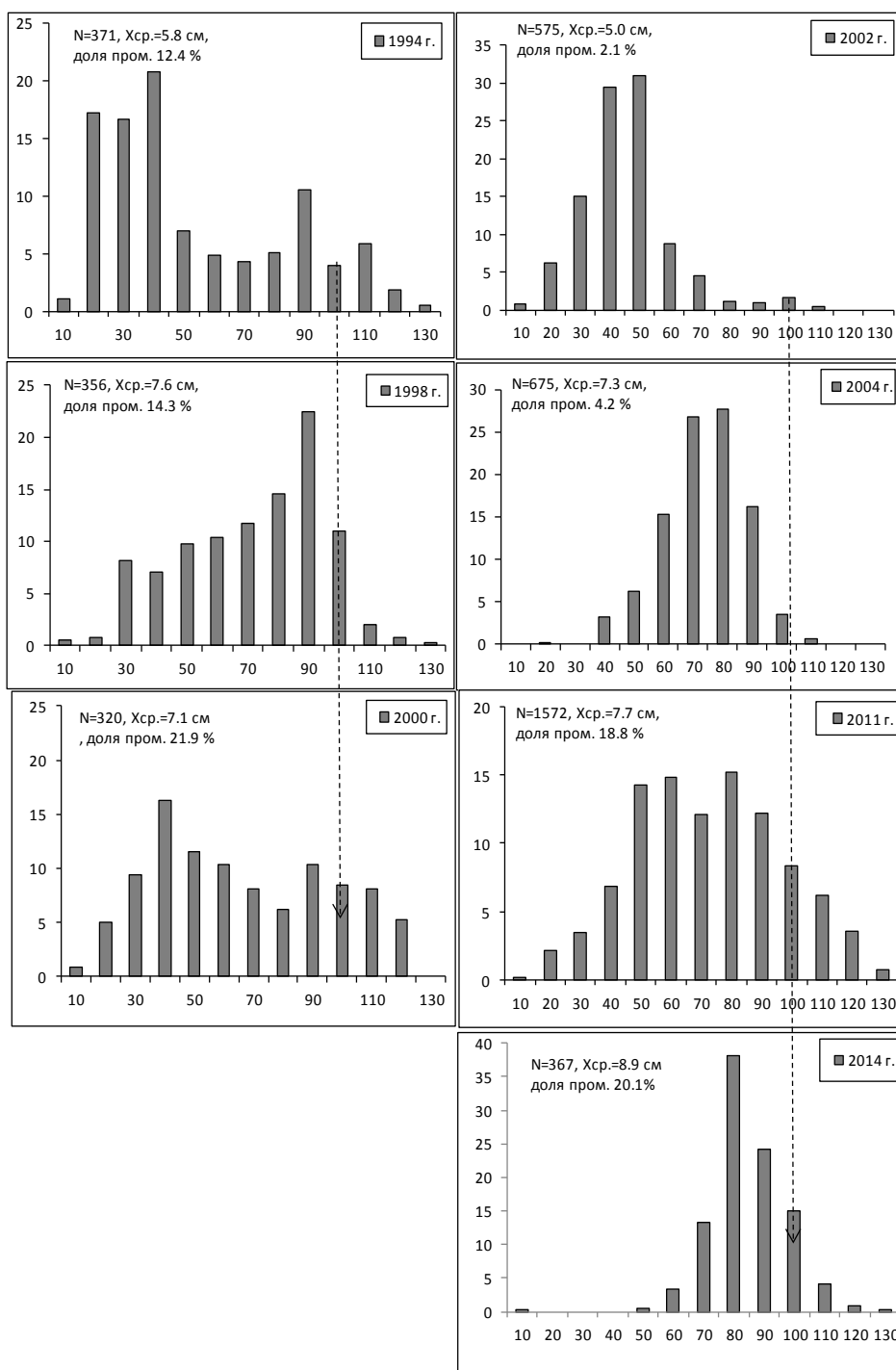


Рис. 11. Размерный состав самцов краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина за ряд лет по результатам научных траловых съемок. По оси абсцисс – ширина карапакса (мм), по оси ординат – количество в уловах трала (%), пунктиром показан промысловый размер.

Средний размер самцов, по результатам исследований разных лет, изменялся довольно значительно – от 5,0 в 2002 г. до 8,9 см в 2014 г., доля промысловых особей – от 2 до 22%, в зависимости от диапазона глубин и района, охваченного съемкой. В 2011, 2013, 2016 гг. количество промысловых самцов изменялось в ловушечных уловах от 63 до 72% особей.

В 2019 г. было выполнено несколько траловых станций в кутовой части залива Терпения и в районе юго-восточнее мыса Анива. Юго-восточнее мыса Анива плотность промысловых самцов краба достигала 500 (в среднем 240,6), непромысловых самцов 302 (130,5), самок - 1137 (в среднем 253,2) экз./кв. км. Средний размер самцов - 104,5 мм по ширине карапакса, доля промысловых особей – 66% уловов трала (глубины от 90 до 384 м). В прибрежной части залива Терпения работы проводили на глубинах порядка 25-30 м. Стригун опилию в уловах отсутствовал.

Снижение среднего размера самцов по ловушечным и траловым данным произошло почти одновременно. В ловушечных сборах с 1993 по 2003 гг. средний размер самцов краба снижался с 11,4 до 9,2 см. Начиная с 2005 г. средний размер крабов в ловушечных уловах возрастал, стабилизируясь, как и в северо-восточной части подзоны, в последние годы на уровне около 11 см (табл. 6).

Таблица 6

Динамика среднего размера самцов и доли промысловых самцов крабов-стригуновопилю у юго-востока Сахалина за ряд лет в ловушечных сборах

Год	Средний размер, см	Стандартная ошибка, см	Объем выборки, экз.	Доля пром. самцов, %
Контрольный лов и НИР, ловушки				
1993	11,4	0,01	3803	98,4
1994	11,1	0,03	3789	92,2
1995	10,8	0,01	13258	82,3
1996	10,8	0,03	16173	76,0
1997	10,5	0,01	16407	64,7
1998	10,2	0,03	1492	55,2
1999	10,1	0,02	5098	51,0
2000	10,0	0,02	4068	50,9
2001	10,4	0,01	8670	57,9
2002	10,2	0,02	2767	59,8
2003	9,2	0,04	1646	32,0
2005	10,2	0,03	1310	60,5
2006	10,2	0,03	3364	56,9
2008	10,6	0,02	3056	71,0
2011	10,9	0,03	2510	70,0
2012	11,0	0,02	5266	72,0
2013	10,7	0,03	2808	62,7
2016	11,1	0,02	2583	70,1

Для оценки промысловых численности и биомассы краба-стригуна опилию у юго-востока Сахалина использовали данные траловой учетной

съемки, проведенной в августе 2014 г. Результаты расчетов показаны в *таблице 7*. Численность и биомасса промысловых самцов краба-стригуна опилио у юго-востока Сахалина составили 7,170 млн. экз. и 3,915 тыс. т, соответственно.

Таблица 7

Промысловая численность и биомасса краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина, по данным траловой учетной съемки 2014 г.

Метод	Численность промысловых самцов, млн экз.	Биомасса промысловых самцов, тыс. т	Средний вес промысловых самцов, кг
Сплайн-аппроксимация, ГИС КартМастер 4.1	7,170	3,915	0,546

Отечественный флот приступил к освоению запасов краба-стригуна опилио у побережья восточного Сахалина во второй половине 80-х гг. Вылов краба-стригуна опилио у побережья восточного Сахалина достигал наибольших значений в 1985–1995 гг. (2,4–5,2 тыс. т), затем его величина стабилизировалась в 1999–2001 гг. на уровне около 2,4 тыс. т. В начале 21 века вылов снизился до 690–780 т в связи с рекомендациями, связанными со значительным снижением численности. В 2004 г. был введен запрет на промышленный лов краба (*рис. 12*). Освоение лимитов с 1985 г. и в 90-х гг. (за исключением 1991 и 1994 гг.) варьировало от 51 до 99%, по данным ФГБУ «Сахалинрыбвод» и ИС «Рыболовство». Таким образом, наибольшей величины вылов краба в Восточно-Сахалинской подзоне достигал в 1994 г., наименьший был зафиксирован в 2003 г. Этот год предшествовал введению временного запрета на промышленный лов в связи с резким снижением численности краба у Восточного Сахалина.

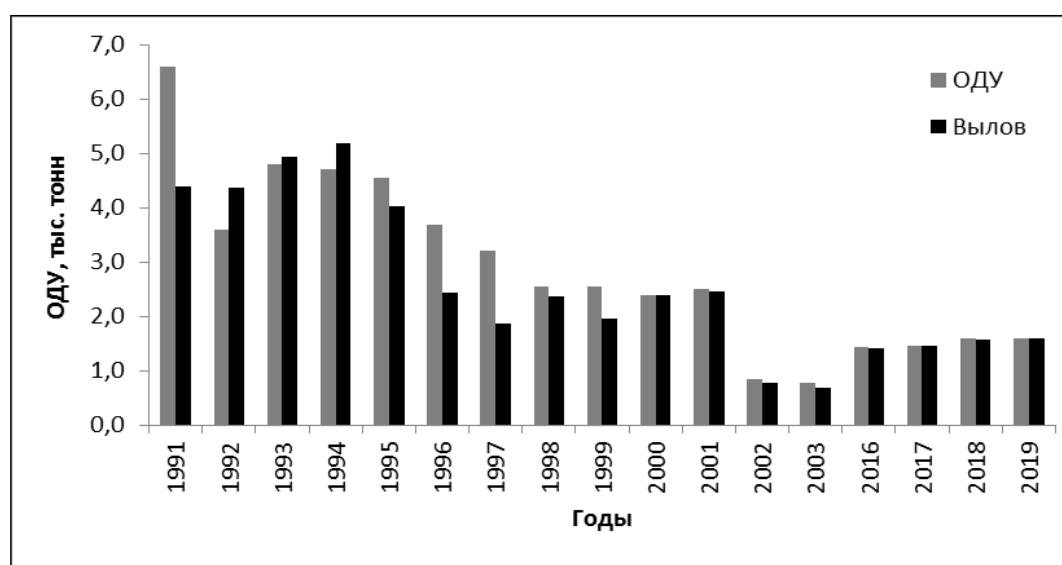


Рис. 12. Динамика ОДУ и годового вылова краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне за период с 1994 по 2019 гг. (с 2004 по 2015 гг. действовал запрет на промышленный лов краба). Вылов в 2019 г. по состоянию на 03.12.2019 г.

В 2016 г. был возобновлен промышленный лов стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне. Вылов за год составил 1,410 тыс. т (98,5% от рекомендованного ОДУ), в 2017 г. выловлено 1,468 тыс. т (99,8% от ОДУ).

В 2018 г. добыча краба осуществлялась силами трех предприятий 15 судами в течение 284 судосудок. Лов производили на глубинах от 100 до 570 м. Уловы в среднем составляли 4,709 т/сутки. С января по сентябрь 2018 г. они изменялись от 0,150 до 17,287 т/сутки.

Вылов в 2016-2018 гг. практически соответствовал годовой величине ОДУ, превышая к концу года 98%. В 2019 г. освоение составило 99%. Промысел вели на глубинах от 30 до 500 м в течение 444 судосудок, среднесуточный вылов составил 3,584 т краба, наибольший – 14,432 т/сутки.

Определение биологических ориентиров

Поскольку за несколько смежных лет в течение периода исследований, в том числе и последних, отсутствуют сведения по оценкам запаса, индексам уловов на усилие (промысел открыт в подзоне в 2016 г.), размерной структуре и прочим показателям, оценка состояния ресурсов краба у северо-восточного и юго-восточного Сахалина выполнена методом «светофоров» [Caddy, 1999; Буяновский, 2012].

Для этого использовали следующие количественные и другие характеристики состояния популяции краба-стригуна опилио Восточного Сахалина: оценки промысловой биомассы по результатам траловых учетных съемок, ловушечные уловы на усилие по материалам промысловой информации и данным НИР, доля промысловых самцов в траловых сборах. Промысловые усилия в качестве индикаторов не использованы, поскольку существовал запрет на промышленный лов в подзоне в период с 2004 по 2015 гг. включительно.

Границы зон, характеризующих состояние запаса краба у северо-востока Сахалина, определяли методом перцентилей [Буяновский, 2012]. В зону неблагоприятного состояния популяции (красную) по промысловой биомассе попадают значения промысловой численности стригуна опилио с 2003 по 2007 гг. Именно в этот период, и вплоть до 2016 г., существовал запрет на промысел краба. В желтую зону попадают величины промысловой биомассы с 1999 по 2002 гг., 2010 и 2012 гг. Последняя по времени оценка биомассы располагается в «зеленой» зоне, что и позволяет, с учетом результатов траловых учетных съемок за 2010, 2012 и 2014 гг., характеризовать запас стригуна опилио как «растущий» после длительной депрессии (*рис. 13*).

Средние уловы на усилие (в экз./ловушку) с 1998 по 2006 гг. (с 2004 г. – по результатам НИР) находятся в «неблагополучной» красной зоне. В желтой зоне неопределенности находятся уловы на усилие с конца 90-х гг. вплоть до первого года промысла, включая период запрета на промышленный лов. В 2017-2018 гг. этот индикатор располагается в зеленой зоне (*рис. 14*).

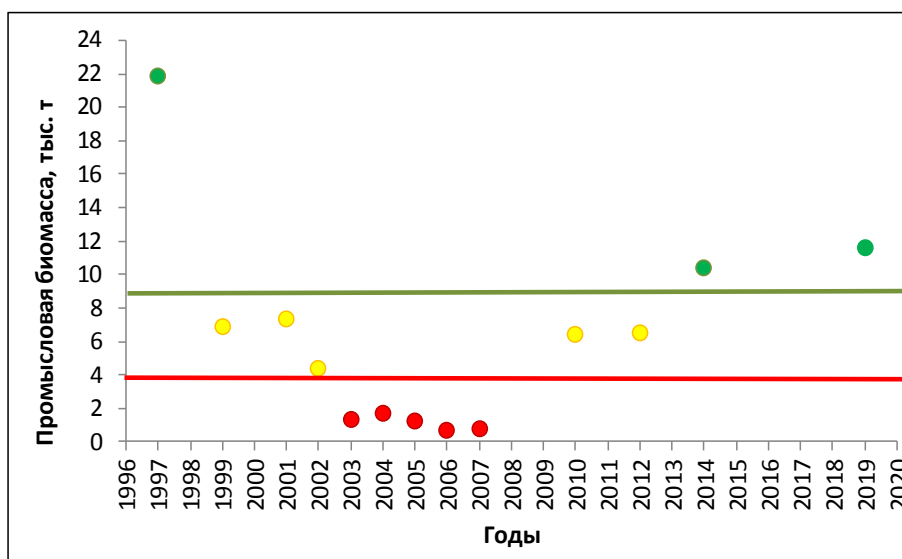


Рис. 13. Промысловая биомасса самцов краба-стригуна опилио у северо-восточного Сахалина за ряд лет.

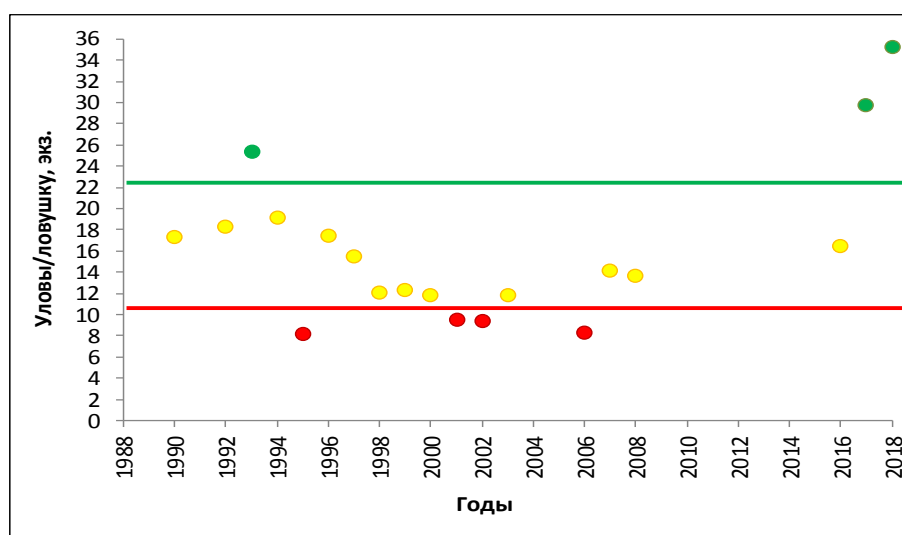


Рис. 14. Уловы на ловушку самцов краба-стригуна опилио у северо-восточного Сахалина за ряд лет по данным промысла и НИР (2004-2008 гг. и 2016, 2018 гг.).

В желтой зоне располагалась большая часть величин доли промысловых самцов краба в траловых уловах как с середины 90-х гг., так и в период действия запрета на промысел, в зеленой – индикаторы за 2005-2006 гг. и 2010 г. В уловах трала наблюдается увеличение количества крупноразмерных особей со средней шириной панциря порядка 8,9–9,0 см, что выше среднемноголетнего уровня. При этом, по результатам работ 2012 и 2014 гг. количество промысловых самцов в уловах трала относительно невелико (рис. 15).

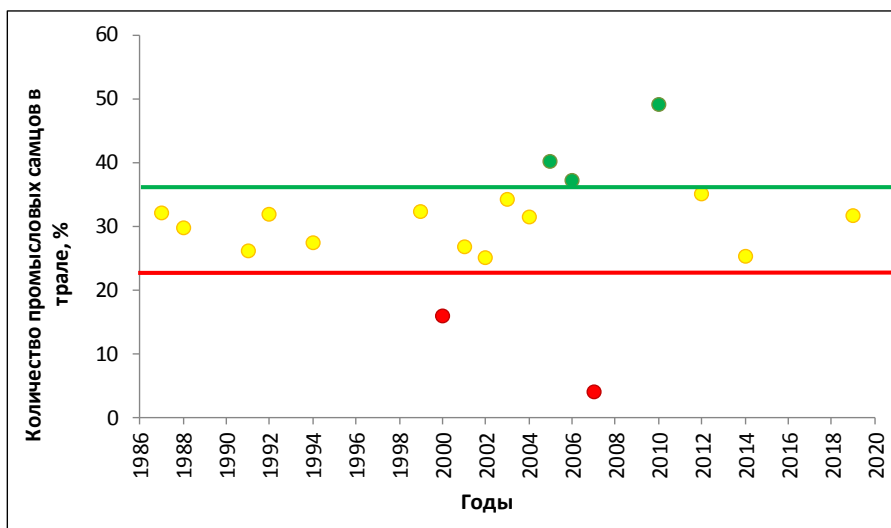


Рис. 15. Количество промысловых самцов краба-стригуна опилию у северо-восточного Сахалина в уловах трала за ряд лет по результатам НИР.

Величины оцененной промысловой биомассы стригуна опилию у юго-восточного Сахалина, по последним имеющимся данным, попадают в желтую зону. В красной «неблагополучной» зоне располагаются ее значения в период запрета на промышленный лов и ему предшествующий. В зеленой зоне находятся индикаторы промысловой биомассы, относящиеся к периоду начала промысла (рис. 16).

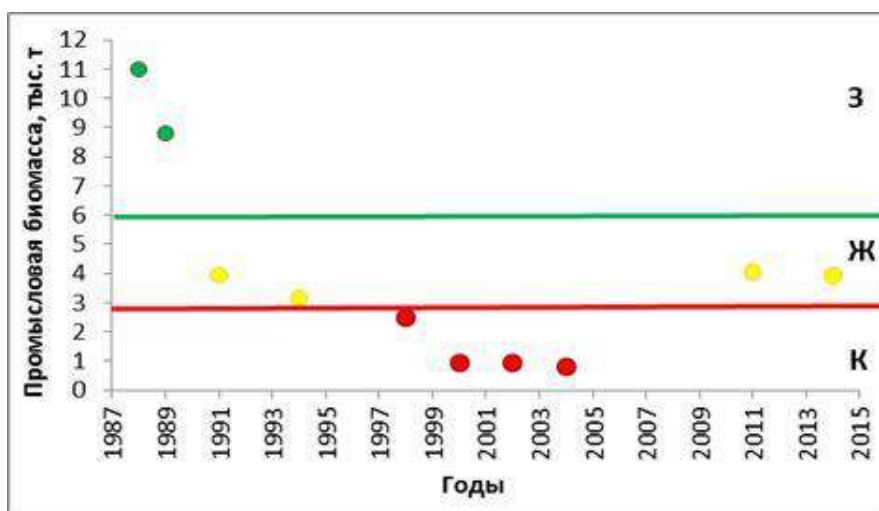


Рис. 16. Промысловая биомасса самцов краба-стригуна опилию у юго-восточного Сахалина за ряд лет.

С начала введения запрета промысла и по 2010 г. оценок промысловой биомассы не имеется. Рост биомассы в последние годы у юго-востока острова также очевиден, что говорит о постепенном восстановлении запаса и на этом участке подзоны.

Уловы на усилие также возросли с 2008 г., а по данным 2016 г. их величина находятся в зеленой зоне (рис. 17).

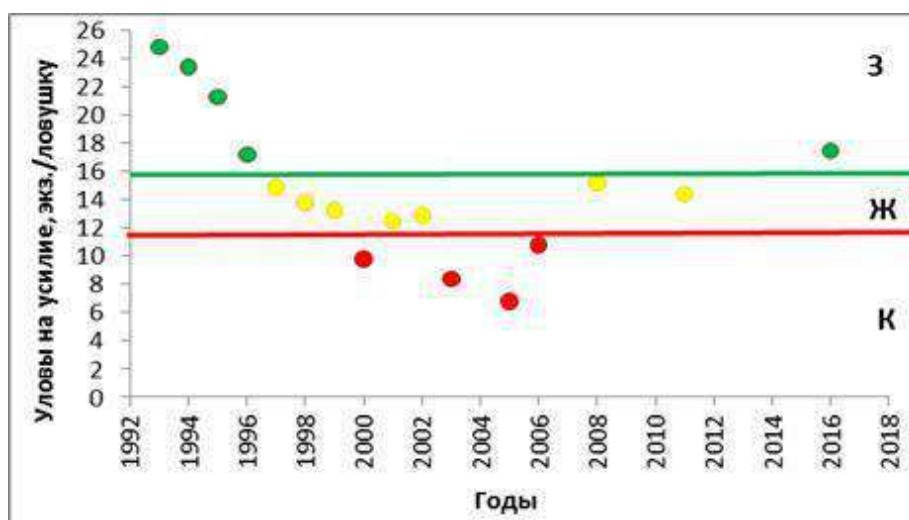


Рис. 17. Уловы на ловушку самцов краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина за ряд лет.

По материалам траловых учетных съемок 2011 и 2014 гг. у юго-восточного Сахалина, доля промысловых самцов существенно увеличилась. Их величины попадают в зеленую зону (рис. 18).

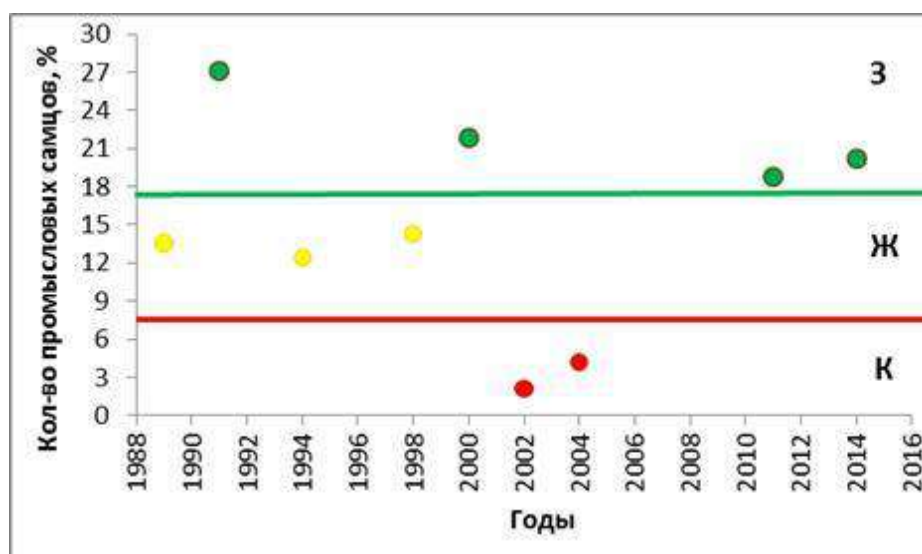


Рис. 18. Количество промысловых самцов краба-стригуна опилио у юго-восточного Сахалина в уловах трала за ряд лет.

Оценки ориентиров управления для рассматриваемых группировок краба были установлены на основе ретроспективной динамики запаса. По промысловой биомассе целевой ориентир управления для стригуна опилио северо-восточного Сахалина представляет собой нижнюю границу 95%-го доверительного интервала исторически наибольших значений биомассы.

В качестве граничного ориентира по биомассе приняли величину промысловой биомассы за год до введения запрета на промысел, буферный был выбран как верхняя граница 95%-го доверительного интервала для средней биомассы с 1997 по 2007 гг., когда наблюдалась наиболее низкая численность по сравнению с рядом лет исследований.

Целевой ориентир по индексу запаса для северо-восточного Сахалина взят как наибольшее значение для сглаженного ряда данных, граничный – как исторический минимум, буферный — как верхняя граница 95%-го доверительного интервала, вычисленного для ряда от 1993 до 2003 гг., относительно средней величины.

Целевой ориентир по индексу запаса краба-стригуна опилио юго-восточного Сахалина был взят, как максимальное значение сглаженного ряда фактических уловов на ловушку, граничный – как величина уловов в год, предшествующий введению запрета на промысел, а буферный – как нижняя граница 95%-го доверительного интервала, вычисленного относительно ряда средней величины с 1997 по 2008 гг.

По промысловой биомассе целевой ориентир управления представляет собой нижнюю границу 95%-го доверительного интервала наибольших значений. В качестве граничного ориентира приняли величину промысловой биомассы за год до введения запрета на промысел, буферный был выбран как верхняя граница 95%-го доверительного интервала для средней биомассы с 1999 по 2003 гг., когда было отмечено снижение промысловой численности впятеро. Для северо-восточного Сахалина целевой ориентир по доле изъятия, оценен в 22%, граничный – 27% промысловой биомассы, юго-восточного – 22 и 25%, соответственно (табл. 8).

Таблица 8

**Биологические ориентиры управления для краба-стригуна опилио
Восточно-Сахалинской подзоны**

Группировка краба-стригуна опилио Восточно-Сахалинской подзоны	По индексу запаса, экз./ловушку			По промысловой биомассе, тыс. т			По коэффициенту изъятия, %	
	I_{tg}^*	I_{buf}	I_{lim}	B_{tg}	B_{buf}	B_{lim}	u_{tg}	u_{lim}
Северо-восток Сахалина (южнее 49° с.ш.)	17,3	12,1	10,4	23,400	9,362	2,473	22	27
Юго-восток Сахалина (севернее 49с.ш.)	20,3	10,2	8,4	8,560	2,556	0,888	22	25

* tg – целевой ориентир, buf – буферный ориентир, lim – граничный ориентир

Обоснование правила регулирования промысла

Моделирование динамики численности ранее выполнялось с помощью модели Деризо-Шнютэ [Deriso, 1980; Schnute, 1987] на основе анализа ретроспективных данных. Однако отсутствие сведений о состоянии популяции за последние несколько лет, по причине наличия запрета на промышленный лов, в настоящий момент накладывает ограничения на полноценное применение этой модели для прогнозирования ОДУ. Кроме того, отсутствуют данные, характеризующие реакцию популяции на промысловое изъятие, поскольку промысел идет неполные четыре года.

По полученным значениям биологических ориентиров построили диаграммы (рис. 19, рис. 20), представляющие правила управления запасом краба-стригуна опилио Восточно-Сахалинской подзоны.

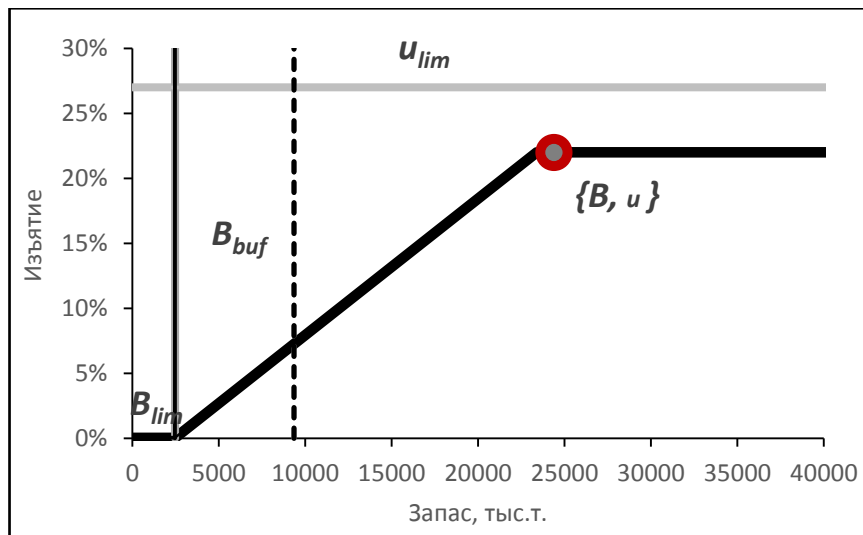


Рис. 19. Графическое представление ПРП для краба-стригуна опилию северо-восточного Сахалина.

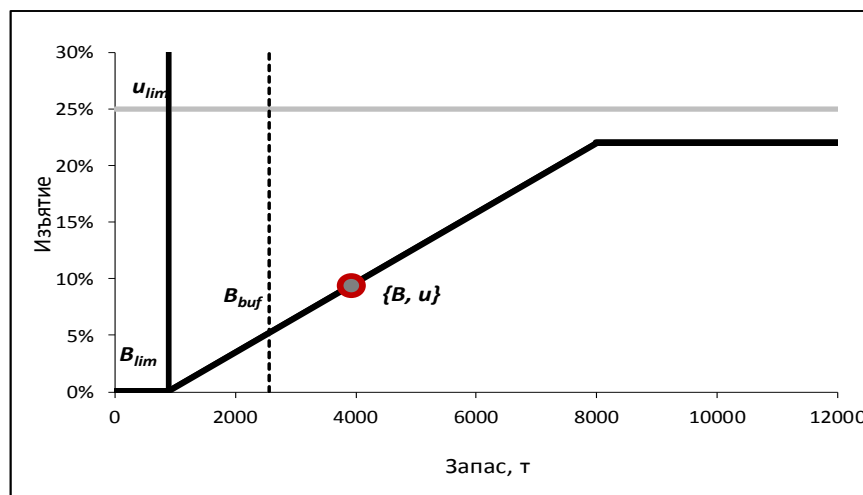


Рис. 20. Графическое представление ПРП краба-стригуна опилию юго-восточного Сахалина.

По северо-восточному и юго-восточному участкам подзоны прогнозирование осуществляется отдельно по годам в силу специфики сбора материала как методами прямого учета (траловые учетные съемки), так и ловушечными данными для различных участков подзоны в разные годы.

В 2020 г. величина изъятия краба-стригуна опилию из промысловой части популяции может составить у северо-восточного Сахалина 22%, поскольку результаты траловой учетной съемки 2019 г. показали весьма значительное увеличение промысловой численности – с 17,755 тыс. экз. в 2014 г. до 47,828 тыс. экз. в 2019 г. Оценка промысловой биомассы (24,392 тыс. т) превысила целевой ориентир в 23,400 тыс. т. Индексы запаса (29,7 и 35,2 экз./ловушку, по данным 2017 и 2018 гг. соответственно) гораздо выше величины как граничного, так и буферного ориентиров по данному индикатору.

У юго-восточного Сахалина, поскольку современных данных по численности не имеется, величина изъятия может составлять 10,6%. Величина рассчитанной промысловой биомассы крабов у юго-восточного Сахалина - 3,915 тыс. т, также превышает величину буферного и граничного индикаторов по промысловой биомассе, но не достигает целевой.

Прогнозирование состояния запаса

Отсутствие данных по состоянию численности популяции стригуна опилио за последние 4 года и промысел в течение четырех неполных лет не позволяют применять производственные модели для прогнозирования состояния запаса.

Часть популяции краба-стригуна опилио у северо-восточного Сахалина в 2019 г. демонстрирует значительный рост запаса. Промысловая биомасса увеличилась с 10,404 тыс. т в 2014 г. до 24,392 тыс. т в 2019 г. Оценки промысловой численности и биомассы достигли уровня середины 1990-х гг. Кроме того, в 2016–2018 гг. результаты наблюдений на промысле краба-стригуна опилио у северо-востока Сахалина показали довольно высокую величину уловов, что также свидетельствует о восстановлении запаса в этой части подзоны. Наиболее вероятно, что имеющиеся в настоящее время положительные изменения в состоянии промыслового запаса краба в этой части подзоны сохранятся, а биомасса промыслового запаса будет находиться не ниже оценок, полученных в 2019 г. – 24,392 тыс. т.

В юго-восточной части Восточно-Сахалинской подзоны по результатам исследований, выполненных в 2011 и 2014 гг., отмечалась тенденция к увеличению промыслового запаса краба после многолетнего запрета на промышленный лов. Так, по результатам траловых учетных съемок, промысловые численность и биомасса превышают уровень начала 1990-х гг. Наиболее вероятно, что отмеченная тенденция к увеличению численности краба сохранится в ближайшие годы, при этом величина промыслового запаса в 2020 г. будет находиться не ниже уровня 2014 г. – 3,915 тыс. т. Указанная величина больше буферного и граничных ориентиров по биомассе, не достигая при этом целевого.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

В 2016 г. промышленный лов краба-стригуна опилио был возобновлен после долголетнего перерыва. Поскольку данные промысловой статистики отсутствуют с 2004 по 2015 гг., промысел ведется неполные четыре года после запрета, а последняя по времени траловая съемка проведена в 2019 г. после 4х-летнего перерыва, рекомендуется постепенно увеличивать уровень эксплуатации в соответствии с разработанными правилами регулирования промысла до получения сведений, подтверждающих дальнейшее увеличение численности.

Расчетная численность и биомасса промысловых самцов краба-стригуна опилио у северо-востока Сахалина, по данным траловой учетной съемки 2019 г., составляла 47,828 млн шт. (24,392 тыс. т). Данные последних

лет указывают на позитивные тенденции в состоянии запаса стригуна опилио в обеих частях подзоны. У юго-восточного Сахалина наблюдающееся в течение ряда лет многократное снижение промысловой численности краба сменилось ее увеличением до уровня 1999 г. Таким образом, данные последних лет указывают на восстановление запаса краба-стригуна опилио в этой части подзоны.

Согласно разработанному зональному правилу регулирования промысла, в 2020 г. величина изъятия краба-стригуна опилио могла бы составить у северо-восточного Сахалина 22%, так как промысловая биомасса (24,392 тыс. т) превысила величину целевого ориентира (23,4 тыс. т). У юго-восточного Сахалина величина изъятия может составлять 10,6% от прогнозируемого промыслового запаса (3,915 тыс. т). При такой величине изъятия величина ОДУ краба-стригуна опилио в целом для Восточно-Сахалинской подзоны могла бы составить 5781 тонн.

Вместе с тем, в соответствии с Правилами регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов, для запасов крабов-стригунов, имеющих статус «восстанавливающийся», предусмотрено применение предельного уровня ежегодного увеличения ОДУ – 42% (снижение ОДУ осуществляется без ограничений). Применение предельных уровней ежегодного изменения ОДУ позволяет сократить влияние возможных ошибок оценки и прогнозирования запаса и обеспечивает постепенное увеличение промысловой нагрузки. Кроме того, предельные уровни ежегодного изменения ОДУ разработаны с учетом особенностей биологии эксплуатируемых запасов. Так, диапазон изменений ОДУ для крабов-стригунов учитывает следующие факторы: наличие функционально половозрелых (широкопалых) и функционально неполовозрелых (узкопалых) самцов; каннибализм по отношению к собственной молодежи; относительно кратковременную пригодность к промыслу самцов, прошедших терминальную линьку. Усиление или ослабление действия любого из этих факторов приводит или к быстрому росту или, наоборот, к резкому снижению численности, что и обуславливает более широкий (по сравнению с крабоидами) диапазон предельных уровней изменения ОДУ. С учетом предельного уровня ежегодных изменений ОДУ (42% от уровня 2019 г. – 1600 тонн) величина ОДУ краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне на 2020 г. может составить 2272 тонны.

Таким образом, **рекомендуется корректировка ОДУ краба-стригуна опилио в Восточно-Сахалинской подзоне (Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн) на 2020 г. в сторону увеличения на 0,672 тыс. т с 1,600 тыс. т до 2,272 тыс. т.**

Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Добыча краба-стригуна опилио ведется исключительно крабовыми ловушками, которые являются пассивными орудиями лова. Значительный ущерб донным биоценозам не наблюдается. Промысел стригуна опилио, по существу, является моновидовым. Возможно попадание в ловушки в

качестве прилова трубачей. Доля трубачей в весовом выражении при промысле стригуна опилио может составить в среднем не более 3-5% от улова на усилие стригуна опилио (экз./ловушку). Часто это не более нескольких экз. на порядок. Прилов трубача должен в процессе сортировки немедленно выпускаться в естественную среду обитания. При оптимальном застое крабовых ловушек 2–3 суток прилов трубача будет невелик, что не нанесет значимого ущерба окружающей среде. Прилов других донных беспозвоночных (крабы, прочие моллюски, морские ежи, перья, лилии, губки, иглокожие и др.) ничтожно мал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Allen K.R. Simplification of a method of computing recruitment rates // J. Fish. Res. Board Can., 1968. - V. 25. – 2701-2702.

Caddy J.F. 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. – 1998.

Caddy J.F. Deciding on precautionary management measures for stock based on a suite of Limit Reference Points (LRPs) as a basis for a multi-LRP harvest law / J. F. Caddy // NAFO Sci. Council Studies. 32. 1999. P. 55–68.

Chapman D., Robson D. The Analysis of Catch Curve. Biometrics, 1960. No. 16. P. 354–368.

Collie J.S., Sissenwine M.P. Estimating population size from relative abundance data measured with error // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1983. V. 40. P. 1871–1879.

Collie J.S., DeLong A.K., Kruse G.H. Three-Stage Catch-Survey Analysis Applied to Blue King Crabs // Fisheries Assessment and Management in Data-Limited Situations / ed. G.H. Kruse. : Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks, 2005. P. 683–714.

Darby C.D. and Flatman S., 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1 (Windows/DOS), User Guide. Inf. Techn. Ser. MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft. – 85 p.

Deriso R.B. Harvestings strategies and parameter estimation for an age-structured model // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1980. V. 37. P. 268-282.

Deriso R.B., Neal P.R., and T.J. Quinn II. Catch-age analysis with auxiliary information // Can. J. Fish. Aquat. Sci. - 1985. - 42: 815 - 824.

Deriso R.B., Neal P.R., and T.J. Quinn II. Further aspects of catch-age analysis with auxiliary information. In R.J. Beamish and G.A. McFarlane [ed.] // Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. - 1989. - V. 108. - p. 127– 135.

EU 2016. Regulation (EU) 2016/1139 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2016 establishing a multiannual plan for the stocks of cod, herring and sprat in the Baltic Sea and the fisheries exploiting those stocks, amending Council Regulation (EC) No. 2187/2005 and repealing Council Regulation (EC) No. 1098/2007. Official Journal of the European Union, L 191/1.

Horbowy J., Luzencyk A. 2016. Effects of multispecies and density dependent factors on MSY reference points: Example of the Baltic Sea sprat. CIFAS – 2016-0220.R3: 1-27.

Ianelli J., Fissel B., Holsman K., Honkalehto T., Kotwicki S., Monnahan C., Siddon E., Stienessen S., Thorson J. Chapter 1: Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Eastern Bering Sea // Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service National Oceanic and Atmospheric Administration: Seattle, WA, USA. - November 18, 2019. - 169 p. (Available at https://www.afsc.noaa.gov/refm/stocks/plan_team/2019/EBSPollock.pdf)

ICES, 1999. Report of the ICES workshop on Standard Assessment Tools for Working Groups. Aberdeen. 3rd – 5th March 1999.1. ICES. 2019a. Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). ICES Scientific Reports. 1:37. 79 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5378>

ICES 2002. Report of the Study Group on Baltic Herring and Sprat Maturity. ICES CM 2002/ACFM:21. – 201 p.

ICES 2013. Report of the Benchmark Workshop on Baltic Multispecies Assessments (WKBALT 2013), 4–8 February 2013, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2013/ACOM:43. - 399 p.

ICES. 2014. Report of the Joint ICES–MYFISH Workshop to consider the basis for FMSY ranges for all stocks (WKMSYREF3), 17–21 November 2014, Charlottenlund, Denmark. ICES CM 2014/ACOM:64. - 147 p.

ICES 2015. EU request to ICES to provide FMSY ranges for selected North Sea and Baltic Sea stocks. *In* Report of the ICES Advisory Committee, 2015. ICES Advice 2015, Book 6, Section 6.2.3.1. – 11 p.

ICES CM 2016/F:665. Victoria Amosova, A. Zezera, A. Karpushevskaya, I. Karpushevskiy, F. Patokina, M. Dmitrieva. Integrated analysis of several biological/hydrological components and cod stomach data in the Gdansk Basin of the Baltic Sea. [Annual Science Conference \(ASC\)](#), Riga, Latvia, 19-23 September 2016.

ICES. 2019a. Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). ICES Scientific Reports. 1:37. 79 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5378>

ICES. 2019b. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. 1:20. 651 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5256>

ICES Advice 2019. – *spr.27.22-32*. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.4754>

Jones R. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and Cohort Analysis). FAO Fish. Tech. Rap. 1984. No 256.

Keckler D. Surfer for Windows: User's Guide/Golden Colorado: Golden Software Inc. 1994 -449 p.

McGill R., Tukey J. W., Larsen W. A. Variations of box plots // The American Statistician. - 1978. - V. 32. - P. 12–16.

Mulligan T.J., Bailey K., Hinckley S. The occurrence of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Eastern Bering Sea with implications for stock structure // Proc. Intern. Symp. Biol. Managem. Walleye Pollock, Nov. - 1988. - Fairbanks, Alaska. - 1989. - P. 471-489.

Munk K.M. Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // Alaska Fish. Res. Bull. - 2001. - V. 8, №1. - P. 12–21.

Newman K.B., Buckland S.T., Morgan B.J.T. et. al. Modelling population dynamics: model formulation, fitting and assessment using state-space methods. New York: Springer. 2014. 215 p.

Nielsen A., and Berg C.W. Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. *Fisheries Research*. - 2014. - V.158: 96–101.

North Pacific Fisheries Commission. 2nd Meeting of the Technical Working Group on Chub Mackerel Stock Assessment // NPFC-2019-TWG CMSA02-Final Report. — Yokohama, Japan. — 28 February – 2 March 2019. — 27 p. (Available at <https://www.npfc.int/meetings/2nd-meeting-technical-working-group-chub-mackerel-stock-assessment>).

Patterson, K.R. Evaluating uncertainty in harvest control law catches using Bayesian Markov chain Monte Carlo virtual population analysis with adaptive rejection sampling and including structural uncertainty. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. - 1999. - 56:208-221.

Richard D. Methot. Synthetic estimates of historical abundance and mortality for northern anchovy // *American Fisheries Society Symposium*. - 1989. - 6: 66-82.

Richard D. Methot. Synthesis model: an adaptable framework for analysis of diverse stock assessment data // *International North Pacific Fisheries commission*. Vancouver, Canada. *Bul.* - 1990. - N. 50.

Schnute J.T., 1987. A General Fishery Model for a Size-Structured Fish Population // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 198703360. V. 44. P 924–940.

Shepherd, J. G., 1992. Extended survivors' analysis: an improved method for the analysis of catch-at-age data and catch-per-unit-effort data. Working paper No.11 ICES Multispecies Assessment Working Group, June 1992, Copenhagen, Denmark. – 22 p.

Shepherd, J. G., 1997. Prediction of year-class strength by calibration regression analysis of multiple recruit index series. *ICES J. Mar. Sci.* (1997) 54 (5): 741-752. doi: 10.1006/jmsc.1997.0222.

Wackernagel H. *Multivariate Geostatistics: an introduction with applications*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1995. 255 p.

Wolotira R.J.Jr., Sample T.M., Morin M.Jr. Demersal fish and shelf fish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976 // *N-west and Alaska Fish. Center. Proc. Rep.* - Seattle, Washington. - 1977. - 292 p.

Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пр-сть. - 1968. - 288 с.

Амосова В.М., Васильева Т.Г. Информационное и методическое обеспечение оценки запаса и общего допустимого улова шпрота Балтийского моря // *Труды АтлантНИРО*. 2017. Новая серия, Том 1, № 4. Калининград: АтлантНИРО. С. 87-97.

Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И., Карпушевский И.В, Патокина Ф.А., Дмитриева М.А., Винокур М.Л., Шумилова К.Ю. 2017. Биологические и гидрологические компоненты, характеризующие многолетние изменения и современное состояние трески *Gadus morhua*

callarias в Балтийском море (Гданьский бассейн, 26-й подрайон ИКЕС) // Вопросы Рыболовства. Т. 18. №1. С. 42-51.

Амосова В.М., Васильева Т.Г., Зезера А.С. О перспективах развития отечественного промысла шпрота в Балтийском море до 2025 г. // Труды ВНИРО. 2018. Т. 171. С. 39–55.

Антонов Н.П. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая: Дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. - 1991. - 152 с.

Атлас количественного распределения nekтона в западной части Берингова моря / под ред. Шунтова В.П. и Бочарова Л.Н. М.: Изд-во «Национальные рыбные ресурсы». - 2006. - 1072 с.

Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: Издательство ВНИРО. - 2000. - 190 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. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. - 2018. - 312 с.

Балыкин П.А., Плодовитость минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) (*Gadidae*) западной части Берингова моря. - *Вопр. Ихтиологии*. - 1986. - Т.36. - вып. 1.- С.164-168.

Балыкин П.А. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. - 2006. - 143 с.

Балыкин П.А., Максименко В.П. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря // *Биол. ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза*. – М.: Наука. - 1990. – С. 111-126.

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

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

Буслов А.В. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. - 2005. - 224 с.

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

Васильев Д.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611764. Реестр программ для ЭВМ // «Tripleseparable Virtual Population Analysis (TSVPA)». - 2006.

Васильев Д.А. Методическое пособие по применению модели TISVPA для оценки запасов промысловых рыб. М.: Изд-во ВНИРО. - 2015. - 24 с.

Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. Основные результаты исследований ихтиофауны морского прибрежного комплекса Приморья // *Изв. ТИНРО*. - 2004. - Т.138. - С. 168-190.

Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф., Стрельцов М.С. Состав и биомасса донных и придонных рыб экономической зоны СССР Японского моря // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. — Владивосток: ТИНРО. - 1988. - С. 37-53.

Датский А.В. Минтай в прибрежных водах северо-западной части Берингова моря // Вопр. рыболовства. - 2004. - Т. 5. - № 1(17). - С. 28-65.

Датский А.В., Андронов П.Ю. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2007. - 261 с.

Зверькова Л.М. Особенности размножения минтая в северо-западной части Тихого океана // Распределение и рациональное использование водных биоресурсов Сахалина Курильских островов. - Владивосток: ТИНРО. - 1980. - С. 65-76.

Зезера А.С., Амосова В.М., Патокина Ф.А., Карпушевский И.В., Васильева Т.Г., Калинина Н.А. Результаты интегрированного анализа изменений абиотических условий и величин запасов основных промысловых видов рыб в Балтийском море (юго-восточная часть, Гданьский бассейн, 26 подрайон ИКЕС). Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010-2013 годах. Т.1. Балтийское море и заливы. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2014. – С.6-18.

Ильин О.И., Иванов П.Ю. Об одном модельном подходе к оценке состояния запасов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* западнокамчатского шельфа // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2015. Т. 182. С. 38-47.

Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Труды ВНИРО. - 2014. - Т. 151. - С. 62-74.

Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Кобликов В.Н. Современное состояние рыболовства в подзоне Приморье и его перспективы // Рыбное хозяйство. - 2015. - №2. - С. 49-54.

Ким Л.Н. Современное состояние промысла рыб в Уссурийском заливе (Японское море) // Известия ТИНРО. - 2010. Т. 163. – С. 106-130

Макрофауна бентали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1977-2010. / под ред. Шунтова В.П. и Бочарова Л.Н., Владивосток: ТИНРО-центр. - 2014. - 803 с.

Малкин Е.М. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций // Вопр. ихтиологии. - 1995. – Т.35.- №4. – С. 537-540.

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.

Михеев А. А., Михеев Ф. А. Новая версия компьютерной программы для обобщенной модели Лесли с фильтром Калмана // Тез. докл. семинара «Математическое моделирование и информационные технологии в

исследованиях биоресурсов Мирового океана», 1–3 окт. 2007. ТИНРО-Центр, Владивосток. Владивосток: Изд-во ТИНРО. 2007. С. 17–18.

Нектон северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов // Под ред. В.П.Шунтова и Л.Н.Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центр. - 2004. - 225 с.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. - М.: Пищевая пр-ть. - 1979. - 408 с.

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

Серобаба И.И. Сведения о популяционной структуре минтая Берингова моря. - Вопр. ихтиологии. - 1977. - Т.17. - Вып. 2 (103). - С.247-260.

Соболевский Е.И., Радченко В.И., Чеблукова Л.В. Пространственное распределение сеголетов минтая в западной части Берингова моря // Вопр. ихтиологии. - 1991. - Т. 31, вып. 5. - С. 766-775.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2015 г. (краткая версия). Владивосток: ТИНРО-центр. - 2015. - 373 с.

Степаненко М.А. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* и трески *Gadus macrocephalus* Берингова моря // Вопр. ихтиологии. - 1997. - Т. 37, № 1. - С. 19–26.

Тюрин П.В. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства // Известия ГосНИОРХ, т. 71. Научные основы рыбного хозяйства на внутренних водоёмах СССР. - 1972. - С. 71-128.

Фадеев Н.С. Распределение и миграции минтая в Беринговом море // Рыб. хоз-во. - 1988. - № 7. - С. 46-47.

Фадеев Н.С. Минтай. - Биологические ресурсы Тихого океана. - М.: Наука. - 1986. - С.187-200.

Фадеев Н.С. Распределение и миграции минтая в Беринговом море. - М., ВНИРО. - 1991.-52 с

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря / Владивосток: Дальнаука. - 2003. - 204 с.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П., Минтай в экосистемах дальневосточных морей.- Владивосток: ТИНРО. - 1993. - 426 с.