

УДК 597.587.2–152.6 (261.2)

DOI: 10.36038/2307-3497-2021-185-32-44

## Оценка состояния запаса и международный промысел скумбрии в Северо-Восточной Атлантике: история и современность

Ю.Н. Калашников

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»  
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск

E-mail: kalash@pinro.ru

В историческом аспекте рассмотрены оценки состояния запаса скумбрии Северо-Восточной Атлантики, выполненные в ИКЕС в 1980–2020 гг. Проанализирована динамика входных данных для настройки моделей и биологических ориентиров, использованных в оценках в различные годы. Кратко представлены некоторые аспекты международного промысла скумбрии и изучены тенденции в управлении эксплуатацией ее запаса. На основе многолетних данных оценены последствия рекомендаций ИКЕС для исторического развития международного промысла атлантической скумбрии. Показано, что отмеченное во II десятилетии XXI века значительное изменение трендов в динамике нерестового запаса и промысловой смертности скумбрии отражает изменения в настройках используемых моделей и свидетельствует о нестабильности оценок запаса скумбрии. Отмечено, что только соблюдение установленных правил эксплуатации запаса и целевых биологических ориентиров позволит не допустить снижение нерестового запаса скумбрии до уровня ниже безопасных биологических границ и минимизировать риск его коллапса. Показана необходимость строгого регулирования промысла в рамках ИКЕС и НЕАФК с применением принципов «предосторожного» подхода и данных научных исследований.

**Ключевые слова:** Северо-Восточная Атлантика, скумбрия *Scomber scombrus*, промысел, нерестовый запас, промысловая смертность, модель эксплуатации, биологические ориентиры.

### ВВЕДЕНИЕ

Атлантическая скумбрия (*Scomber scombrus* L., 1758) является стайной теплолюбивой пелагической рыбой и широко распространена в водах Северо-Восточной Атлантики (СВА) [Андрияшев, 1954; Никольский, 1971].

Различные стороны биологии скумбрии, протяжённость и направленность её сезонных миграций в зависимости от океанологических условий, особенности сезонного распределения, динамика промысла и состояние запаса широко представлены в научной литературе [Беликов и др., 1991; Далимаев и др., 2011; Клочков, Чинарина, 2005; Сентябов, Бочков, 2001; Скумбрия атлантическая. Путинный прогноз 2005; Тамбс-Люхе, 1956; Шмидт, 1947; Belikov et al., 1998; Меек, 1916].

Оценки состояния запаса скумбрии в СВА и рекомендации по его эксплуатации подготавливаются в международном совете по исследованию моря (ИКЕС) на основе научных исследований и промысловой статистики.

С 2001 г. промысел скумбрии регулируется на всем её ареале [Клочков, Шамрай, 2001]. Акватория про-

мысла весьма значительна (рис. 1), что объясняется привлекательностью скумбрии для рынка и её широким распределением в различное время года. Облов рыбы ведётся практически круглогодично как на шельфе в экономических зонах прибрежных государств, так и над океаническими глубинами в международных водах [Калашников, 2017; Шамрай и др., 2010].

Целью настоящей работы являлась оценка влияния рекомендаций ИКЕС на развитие международного промысла скумбрии в СВА. Также проведён краткий ретроспективный анализ методики оценки её запаса.

### МАТЕРИАЛЫ

В статье использованы данные по состоянию запаса и международному промыслу скумбрии в СВА за 1980–2020 гг. из материалов Рабочей группы (РГ) ИКЕС по широко распределённым запасам (WGWIDE), рекомендации по возможному промысловому изъятию скумбрии, представляемые Консультативным комитетом ИКЕС (АСОМ). Изучены и проанализированы данные статистики международного промысла [Аноп., 2020 b] и материалы сессий Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕАФК) (офици-

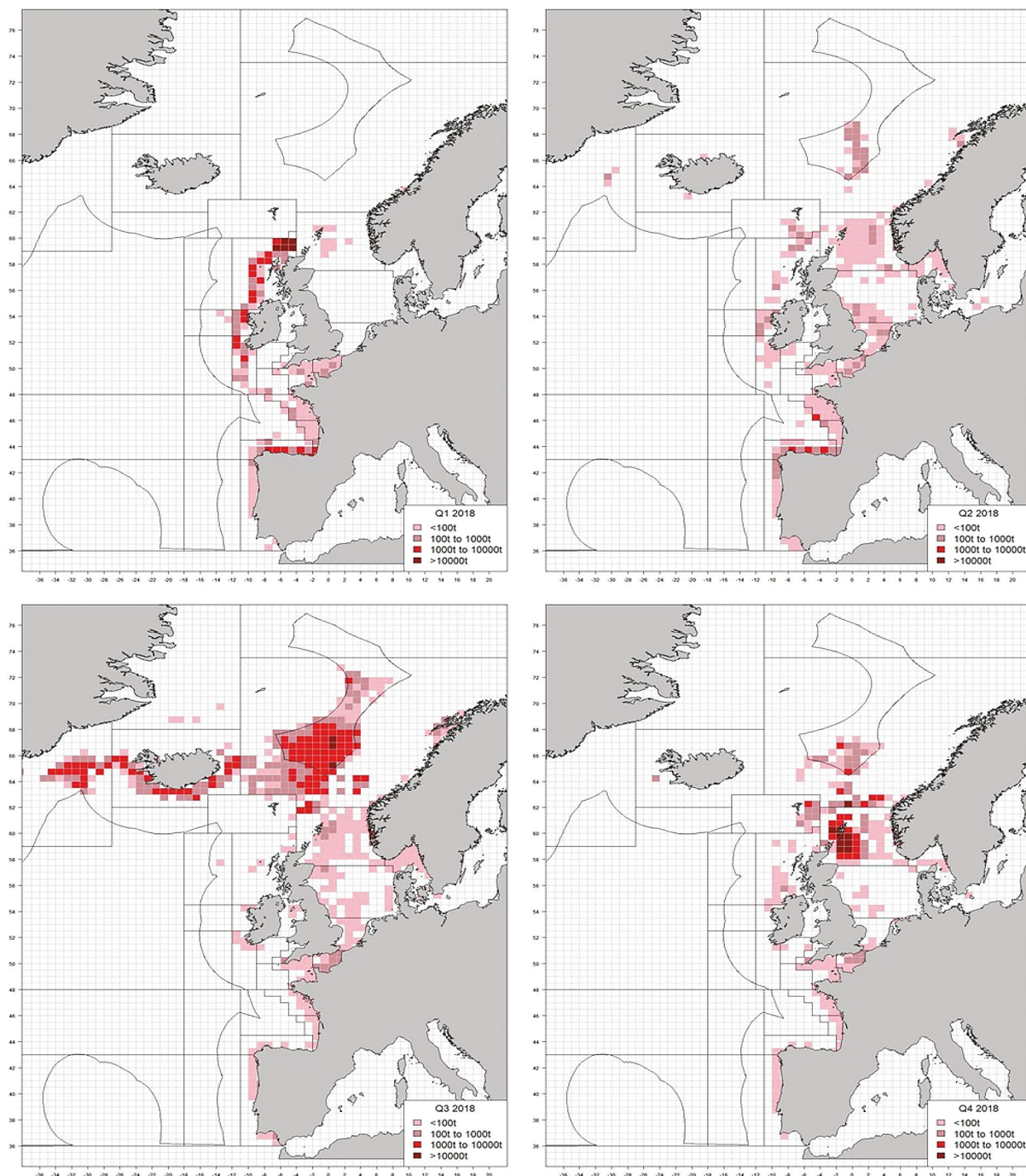
альный сайт комиссии [www.neafc.org](http://www.neafc.org)). Характеристики принятых в ИКЕС целевых биологических ориентиров (reference points) представлена в научной литературе [Состояние сырьевых ..., 2020; Анон., 2020 б].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

До 1991 г. в ИКЕС была РГ по скумбрии (Mackerel Working Group). В 1992 г. создана РГ ИКЕС по оценке запасов скумбрии, ставриды, сардины и анчоусов

(WGMHSA) (с 2008 г. – WGWIDE). В её задачи входит оценка запаса и выработка рекомендаций по мерам регулирования промысла скумбрии.

В 1997 г. на 16-й сессии НЕАФК было принято решение о необходимости введения регулирования промысла скумбрии на всем её ареале. Также был создан «клуб» государств, прибрежных по отношению к запасу скумбрии, в который вошли Норвегия, Европейский Союз (ЕС) и Фарерские о-ва.



**Рис. 1.** Районы международного промысла и вылов скумбрии (т) в I–IV кварталах 2018 г. (в стандартизованных квадратах ИКЕС) [Анон., 2019 б]

На 17-й сессии НЕАФК (1998 г.) была выработана основная концепция по скумбрии, предусматривающая управление её запасом и промыслом прибрежными государствами на основе рекомендаций ИКЕС.

В 1999 г. между Норвегией, ЕС и Фарерскими о-вами было заключено Соглашение, которое предполагало, начиная с 2000 г., эксплуатацию нерестового запаса скумбрии (spawning-stock biomass, SSB) с промысловой смертностью на уровне  $F=0,15-0,20$  в зависимости от прогнозируемых тенденций изменения его биомассы [Anon., 2000]. В Соглашении было отмечено, что если нерестовый запас снизится до уровня менее 2,3 млн т (уровень  $B_{pa}$ ), то указанные выше уровни промысловой смертности могут быть пересмотрены на основе рекомендаций ИКЕС с целью восстановления запаса до уровня, превышающего 2,3 млн т.

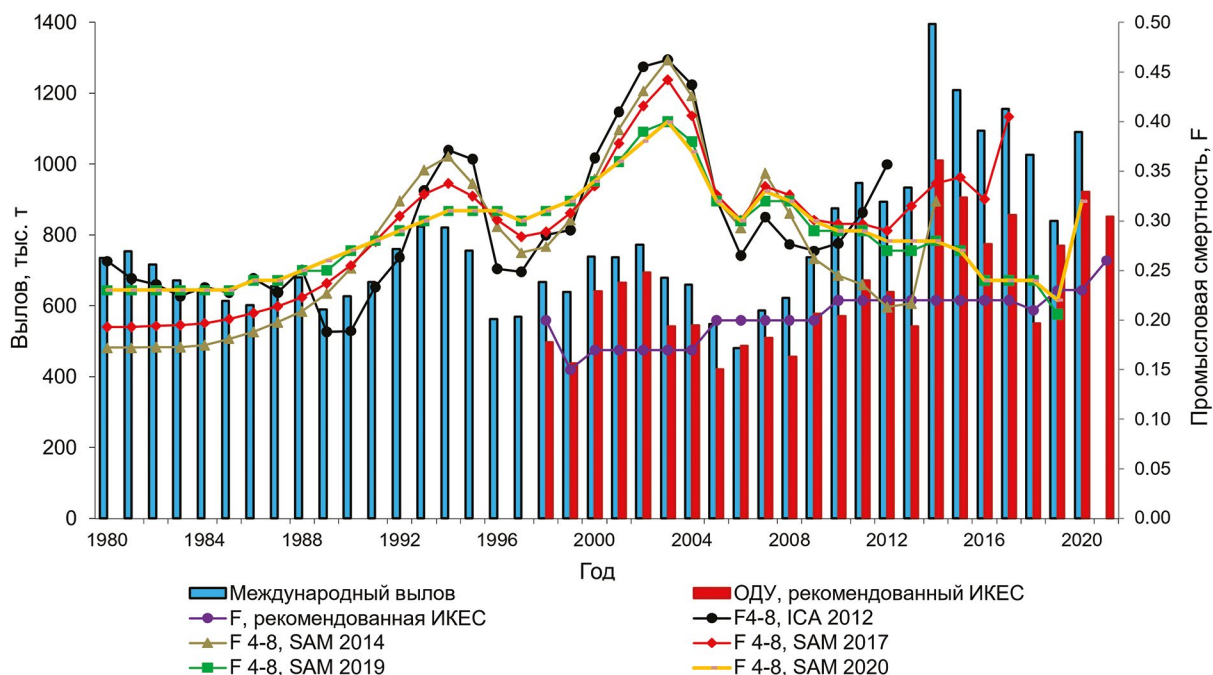
На 19-й сессии НЕАФК (2000 г.) прибрежные государства представили новую схему выделения квоты на международные воды и разделения квот между странами. В результате были приняты рекомендации по мерам регулирования промысла скумбрии, и с 2001 г. промысел скумбрии регулируется на всем ее ареале. Основным принципом принятых решений было согласие всех заинтересованных стран на ведение промысла в пределах согласованного общего допустимого улова (ОДУ) для всего ареала скумбрии и национальных квот. Окончательное решение по установлению ОДУ скумбрии на основе рекоменда-

ций ИКЕС стали принимать государства, прибрежные по отношению к ее запасу. По предложению «клуба» прибрежных государств, начиная с 2001 г. на сессиях НЕАФК определялись объёмы вылова в международных водах и национальные квоты остальных стран-членов НЕАФК. Для международных вод Норвежского моря выделялось 10,17% от устанавливаемого ОДУ для северных районов, из которых доля Российской Федерации (РФ) составляла 47%.

РГ ИКЕС выполняет оценку запаса скумбрии для периода с 1972 г. и представляет рекомендации по вылову всех его компонентов с 1998 г. (рис. 2).

Страны, ведущие промысел скумбрии, в том числе РФ, предоставляют на РГ ИКЕС информацию по её вылову и пересчитанные суммарные размерные ряды с разбивкой по кварталам и подрайонам ИКЕС, а также данные о средней массе рыбы по возрастам в уловах. Для расчёта количества половозрелых рыб по возрастам используются огивы созревания, составленные на основании результатов международных икряных съёмок. При прогнозировании величины промыслового запаса используются значения средней массы по возрастам в улове и запасе и представляется распределение промысловой смертности по возрастам (модель эксплуатации). Величина промысловой смертности (F) рассчитывается для рыб в возрасте 4–8 лет.

Международная икряная съёмка скумбрии (MEGS) проводится 1 раз в 3 года на акватории от Португалии



**Рис. 2.** Международный вылов, общий допустимый улов (ОДУ), рекомендованный ИКЕС (тыс. т) и промысловая смертность ( $F_{4-8}$ ) атлантической скумбрии в 1980–2021 гг. (оценка  $F_{4-8}$  в рамках моделей ICA в 2012 г. и SAM в 2014–2020 гг.) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]



до Шетландских о-вов. Полученные в ней данные по общему количеству выметанной икры (Total Annual Egg Production, ТАЕР), начиная с 1992 г., используются для расчёта индекса нерестовой биомассы скумбрии. До 2013 г. в ИКЕС результаты именно этой съёмки были основой для настройки модели виртуального популяционного анализа ICA (Integrated catch at age analysis) по расчёту нерестового запаса скумбрии CBA [Анон., 2012].

В 2007 г. ИКЕС провёл анализ и тестирование входных данных и изменил ряд входящих параметров, используемых для настройки модели интегрированного анализа уловов по возрастам ICA, в частности, величины промысловой и естественной смертности до начала нереста [Анон., 2007].

Принятые в ИКЕС целевые биологические ориентиры  $B_{pa}$ ,  $F_{lim}$  и  $F_{pa}$  до 2008 г. оставались неизменными (рис. 3). ОДУ, рекомендованный в 1998–2009 гг., рассчитывался ИКЕС в соответствии с промысловой смертностью, не превышающей 0,20. Однако фактический международный вылов скумбрии и промысловая смертность ( $F_{4-8}$ ) в эти годы значительно превышали ОДУ и  $F$ , рекомендованную ИКЕС (см. рис. 2).

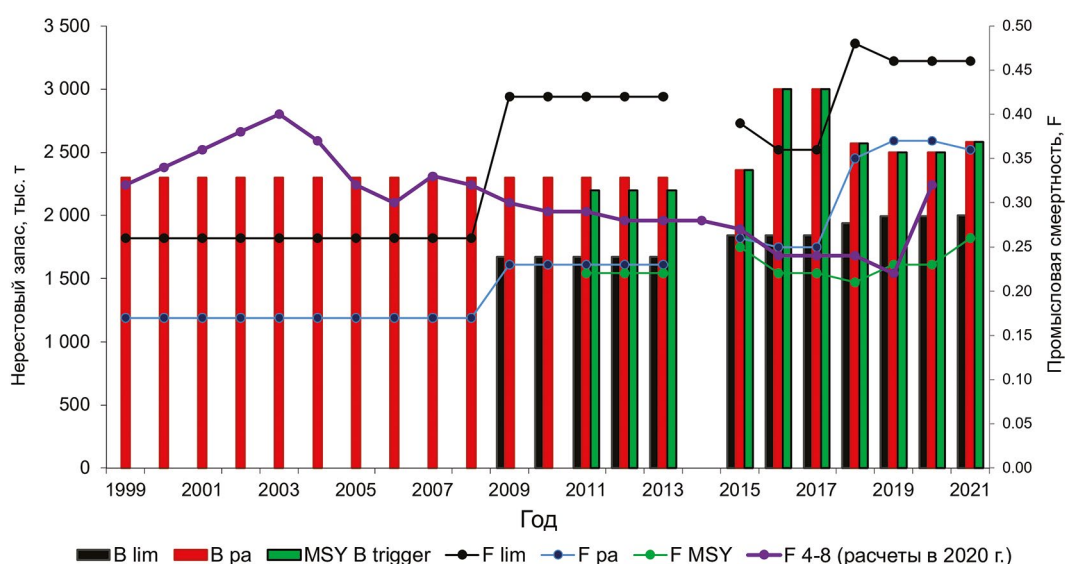
С 2008 г. в международном управлении промыслом скумбрии наметились негативные тенденции, которые впоследствии привели к отказу от достигнутых ранее соглашений и к почти неконтролируемому промыслу.

В 2008 г. прибрежные государства (Норвегия, ЕС и Фарерские о-ва) согласовали долгосрочный план управления [Анон., 2010], основные положения кото-

рого сводились к следующему: при SSB более или равным 2,20 млн т ОДУ определяется в соответствии с предполагаемой величиной вылова в рассматриваемом году и промысловой смертностью  $F$  на уровне 0,20–0,22 для соответствующих возрастных групп скумбрии; при SSB 1,67–2,20 млн т ОДУ определяется в соответствии с промысловой смертностью  $F = 0,22 \cdot SSB / 2,20$  млн т. При этом изменение ОДУ на следующий год не должно быть более 20%. В случае, если SSB находится на уровне менее 1,67 млн т, то прибрежные государства должны принять решение об уменьшении ОДУ.

С 2009 г. целевые биологические ориентиры промысловой смертности  $F_{lim}$  и  $F_{pa}$  были увеличены до 0,42 и 0,23, соответственно [Анон., 2008]. При этом величина нерестового запаса в соответствии с концепцией «предосторожного» подхода ( $B_{pa}$ ) не изменилась (2,3 млн т). Был введён новый, не используемый ранее, целевой биологический ориентир  $B_{lim}$  (1,67 млн т) – пороговая минимальная, биологически допустимая величина SSB, ниже которой вероятность появления неурожайных поколений увеличивается (см. рис. 3).

В октябре 2009 г. государства, прибрежные по отношению к запасу скумбрии, в силу имеющихся внутренних разногласий, не смогли достичь необходимых договорённостей, включая установление ОДУ на промысел скумбрии на 2010 г. В 2010 г. прибрежные государства приняли решение привлечь к переговорам Исландию и РФ, однако дальнейшие переговоры прошли без результатов. В 2010–2013 гг. прибрежные



**Рис. 3.** Целевые биологические ориентиры (нерестовый запас и смертность), используемые в ИКЕС, и фактическая промысловая смертность скумбрии ( $F_{4-8}$ ) в 1999–2021 гг. [Анон., 2000; 2007; 2012; 2013; 2014; 2015; 2017а, б; 2018; 2019а, б; 2020а, б]

государства и другие страны не смогли достичь договорённостей о величине ОДУ и распределении его на национальные квоты. В 2014–2020 гг. между Норвегией, ЕС и Фарерскими о-вами действовало соглашение по промыслу скумбрии в СВА, которое было заключено в ноябре 2014 г. В соответствии с этим соглашением другим государствам выделялось 15,6% от установленного ОДУ. Против предложенного распределения квот возражали Исландия, Гренландия и РФ, поскольку оно не учитывало их интересы. По этой причине до настоящего времени национальные квоты заявлялись в НЕАФК и фактически устанавливались в одностороннем порядке.

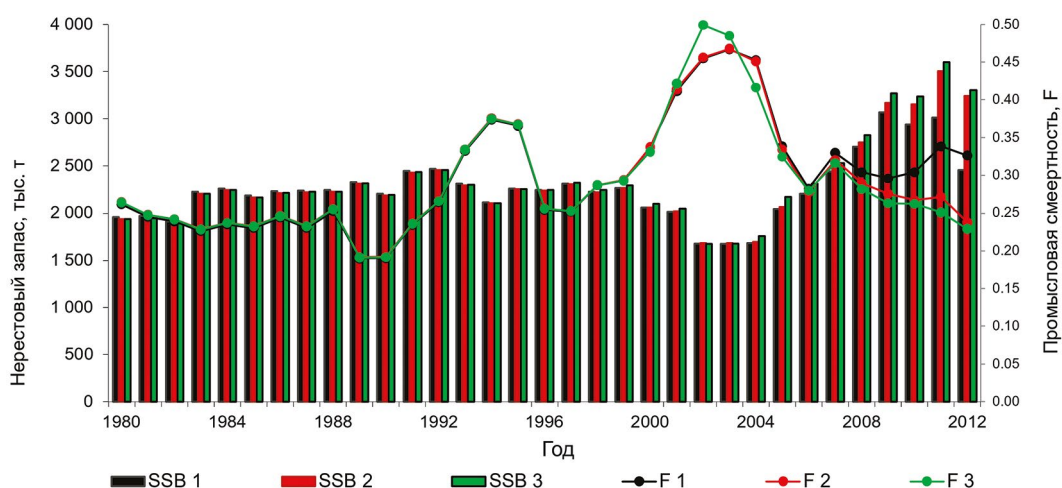
В 2010 г. на основе плана управления в ИКЕС была принята стратегия «предосторожного» подхода и ведения устойчивого долговременного промысла MSY approach [см. Анон., 2010], в соответствии с которой величина нерестового запаса  $MSY B_{trigger}$  скумбрии при промысловой смертности  $F_{MSY} = 0,22$  не должна быть ниже 2,2 млн т (см. рис. 3). Тем не менее, в последующие годы фактический международный вылов скумбрии и  $F_{4-8}$  по-прежнему значительно превышали ОДУ и  $F$ , рекомендованную ИКЕС (см. рис. 2).

Основным вопросом, обсуждаемым в ходе анализа имеющихся данных в рамках модели ICA, являлось наличие смещения в оценках SSB по результатам икряных съёмов и по данным мировых уловов. Было установлено, что данные по уловам до 2000 г. несколько занижены, а оценки нерестового запаса по результатам икряных съёмов — завышены. Оценка конкретной величины смещения имеющихся данных была достаточно сложной. В этой связи единственным подходом, способным нивелировать систематическую смещённость входных данных, являлось их совмест-

ное использование в рамках когортных моделей, причём данные икряных съёмов должны были трактоваться в качестве относительного индекса биомассы нерестового запаса.

По данным РГ ИКЕС, представленным в августе 2013 г. с использованием модели ICA, в 2012 г. нерестовый запас скумбрии несколько снизился и составлял около 2,5 млн т, что было ниже уровней 2010–2011 гг. (рис. 4) и выше уровня  $SSB_{pa}$  (2,3 млн т) [Анон., 2013]. Другие расчёты, выполненные с использованием индекса нерестовой биомассы по данным 2013 г. и коэффициента  $\lambda SR = 0,17$  (отражает более реальные оценки пополнения), показали непрерывное увеличение значений SSB с 2004 по 2011 гг. до 3,5 млн т с последующим снижением в 2012 г. до 3,2 млн т. Второй подход, позволявший избежать возможной переоценки в большую сторону пополнения в 2012 г., заключался в увеличении веса возрастов 0 (сеголетки) и 1 год в уловах. Тенденции в динамике нерестового запаса и промысловой смертности в указанных расчётах оказались аналогичными (см. рис. 4). Два расчёта с изменёнными настройками модели ICA показали сравнимые результаты, указав на более высокие рассчитанные значения SSB в 2011–2012 гг.

В августе 2013 г. на WGWIDE было принято решение отказаться от оценки состояния запаса скумбрии с применением математической модели ICA [см. Анон., 2013]. РГ не смогла оценить запас рыбы традиционным методом из-за проблем с входными данными и обосновала необходимость отказа от модели ICA, поскольку для запаса скумбрии было необходимо использовать подход с ограниченными входными данными. В расчётах ОДУ на 2014 г. было предложено использовать 20%-ный «предосторожный» буфер,



**Рис. 4.** Нерестовый запас и промысловая смертность ( $F_{4-8}$ ) скумбрии в 1980–2012 гг., рассчитанные в ИКЕС в 2013 г. по трём вариантам входных данных ( $SSB_1$  — модель ICA;  $SSB_2$ , — модель ICA с  $\lambda SR = 0,17$ ;  $SSB_3$  — модель ICA с изменением веса возрастов 0 и 1 год;  $F_1, F_2, F_3$  — соответствующая промысловая смертность [Анон., 2013])

снижающий вероятность уменьшения запаса ниже безопасных биологических границ. Этот метод применяется в тех случаях, когда величина запаса и влияние на него промысла были достоверно неизвестны. Таким образом, неопределённость в данных о состоянии и эксплуатации запаса скумбрии рассматривались как достаточные основания для применения «предосторожного» подхода на основе базовых принципов.

В 2014 г. ИКЕС провёл анализ и тестирование входных данных и разработал новую методику оценки запаса и прогнозирования ОДУ скумбрии на основе модели SAM (1.0 age-based analytical, state-space assessment model) [Anon., 2014]. Модель учитывала высокую степень неопределённости информации по уловам до 2000 г. и была настроена на данные уловов по возрастам, а также на индексы трёх съёмок: индексы нерестовой биомассы по данным икраных съёмок в 1992–2013 гг. (MEGS); индексы пополнения по донным траловым съёмкам в 1998–2013 гг. (IBTS); оценка численности возрастов 6–11 лет по данным летней тралово-акустической съёмки (ТАС) в 2007 г. и 2010–2014 гг. (IESSNS). Также в настройке модели использовались данные по возврату стальных меток за 1980–2005 гг. РГ ИКЕС по проведению икраных съёмок (WGMEGS) были пересмотрены индексы нерестовой биомассы по результатам икраной съёмки за 1992, 1995 и 2013 гг. в соответствии с новым уравнением оценки продуктивности [см. Anon., 2014].

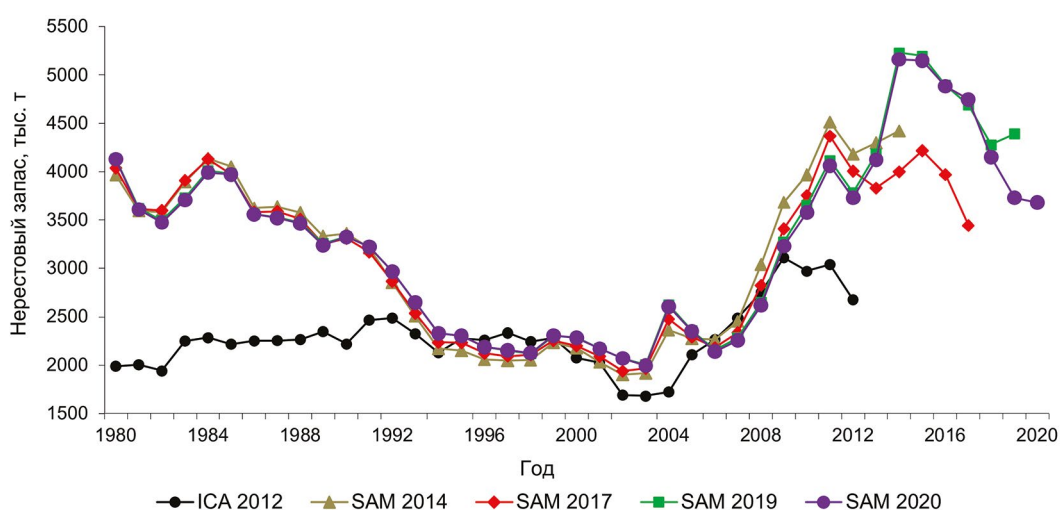
В целом, модель SAM показывала удовлетворительную настройку на данные вылова. Несмотря на существенные изменения в методике оценки запаса, границы промысловой смертности, использовавшиеся в плане управления промыслом, по-прежнему удов-

летворяли условиям «предосторожного» подхода. ИКЕС продолжил разработку рекомендаций в соответствии с текущим планом управления. Однако эти параметры противоречили максимальному режиму эксплуатации запаса, поэтому на WGWIDE было запланировано в будущем пересмотреть план управления промыслом с целью определения соответствующих комбинаций биологических ориентиров для минимизации вероятности коллапса запаса скумбрии.

Оценка 2014 г. дала существенный пересмотр значений SSB в 1980–1993 гг., 2002–2005 гг. и с 2008 г. в сторону увеличения, а промысловой смертности – в сторону уменьшения в 2009–2013 гг. (рис. 5, см. рис. 2). В соответствии со стратегией устойчивого промысла и «предосторожного» подхода также были пересмотрены целевые биологические ориентиры: увеличены значения  $B_{lim}$ ,  $B_{pa}$ ,  $MSY$ ,  $B_{trigger}$ ,  $F_{MSY}$ ,  $F_{pa}$  и снижена величина  $F_{lim}$  (см. рис. 3). Отчасти это было обусловлено тем, что в 2009–2014 гг. ОДУ, оценённый в соответствии с разработанным в 2008 г. планом управления промыслом и запасом скумбрии, был превышен в 1,2–1,7 раза (см. рис. 2).

Уже в сентябре 2015 г. на WGWIDE было принято решение снова изменить целевые биологические ориентиры: в рамках оценки запаса скумбрии были увеличены значения  $B_{lim}$ ,  $B_{pa}$ ,  $MSY$ ,  $B_{trigger}$  и снижены величины  $F_{pa}$  и  $F_{lim}$  (см. рис. 2). В соответствии с концепцией максимального устойчивого вылова,  $F_{MSY}$  снизилась с 0,25 до 0,22 [Anon., 2015].

В январе 2017 г. ИКЕС провёл дополнительный анализ исходных данных (WKWIDE benchmark) и внёс существенные изменения по сравнению с предыдущими расчётами [Anon., 2017a]. В частности, были значительно изменены исходные данные



**Рис. 5.** Нерестовый запас скумбрии СВА в 1980–2020 гг. (Результаты оценок ИКЕС в 2012–2020 гг. в рамках моделей ICA (до 2013 г.) и SAM (с 2014 г.)) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]

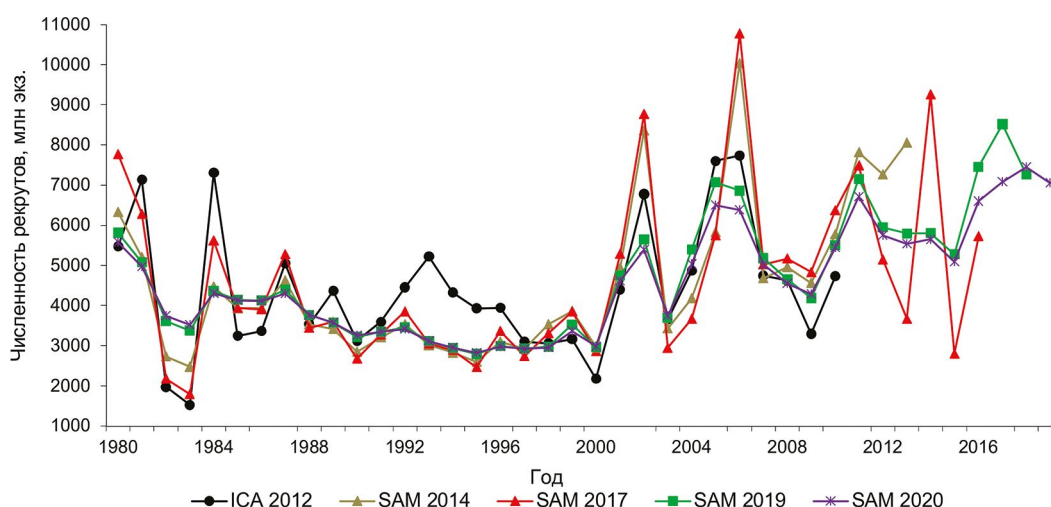
при расчёте индекса летней TAC (IESSNS). В расчётах по оценке запаса на 2018 г., как и ранее, использовались индексы представленных выше трёх съёмов: индексы нерестовой биомассы по данным икряных съёмов в 1992–2016 гг. (MEGS); индексы пополнения по данным донных траловых съёмов в 1998–2015 гг. (IBTS); оценка численности поколений в возрастах 3–11 лет по данным летней TAC в 2010 г. и 2012–2017 гг. (IESSNS). Также в расчётах использовались индексы, полученные по данным оценки смертности при мечении, осуществляемом с помощью стальных (1980–2006 гг.) и электронных (метод RFID, 2012–2017 гг.) меток. Аналитическая модель настраивалась на данные по возврату меток в соответствии с норвежской программой мечения. В очередной раз претерпели изменения целевые биологические ориентиры на 2018 г. Величина нерестового запаса в соответствии со стратегией MSY approach и принципами «предосторожного» подхода (пороговое значение) была снижена с 3,0 до 2,57 млн т (см. рис. 3) [Anon., 2017b]. Нерестовой запас (MSY  $B_{trigger}$  и  $B_{pa}$ ) скумбрии не должен быть ниже 2,57 млн т, а промысловая смертность  $F_{MSY}$  — превышать 0,21. При этом величина  $B_{lim}$  была увеличена до 1,94 млн т, а  $F_{lim}$  и  $F_{pa}$  — до 0,48 и 0,35, соответственно. По мнению ИКЕС, соблюдение разработанных правил позволяло минимизировать риск коллапса запаса.

Совершенствование методической базы в вопросах оценки запаса скумбрии было обусловлено тем, что с начала 2000-х гг. её мировой вылов постоянно превышал ОДУ, рекомендованный ИКЕС. Тем не менее, по мнению ИКЕС, нерестовой запас скумбрии в этот период находился в пределах безопасных био-

логических границ и имел хорошую воспроизводительную способность. Однако необходимо было учитывать, что высокий с 2009 г. уровень нерестового запаса скумбрии (более 3 млн т) обеспечивал, начиная с 2005 г., почти непрерывный ряд урожайных и высокоурожайных поколений (рис. 6, см. рис. 5). В целом общий тренд пополнения запаса скумбрии имел положительную динамику с 2001 г. С середины 2000-х гг. наблюдался рост её нерестового запаса, который обеспечили урожайные поколения 2002, 2006 и 2010–2011 гг. [см. Anon., 2017b].

Высокая степень неопределённости в полученных оценках сохранялась. Основными причинами, вероятно, являлись недостаточный ряд данных, полученных в летней TAC (IESSNS) для расчёта индексов численности и получаемые только один раз в три года индексы нерестовой биомассы по данным икряных съёмов (MEGS).

Оценка динамики SSB, выполненная в 2018 г., послужила основанием для существенного пересмотра значений его биомассы в сторону увеличения в 2009–2014 гг. и уменьшения — в 2015–2017 гг. При этом целевые биологические ориентиры на 2019 г. остались на уровне 2018 г. По расчётам WGWIDE, в 2018 г. нерестовой запас скумбрии на начало нереста составил около 2,4 млн т, что было значительно ниже уровня последних лет и граничного ориентира по биомассе ( $B_{pa}$  и MSY  $B_{trigger}$ ). Промысловая смертность  $F_{4-8}$  достигла 0,455. В связи с этим целевая смертность на 2019 г. была рассчитана по формуле:  $F = F_{MSY} * SSB(2019) / MSY B_{trigger}$ . Применение этого критерия означало возможность вылова в 2019 г. не более 318 тыс. т скумбрии при  $F_{4-8}=0,17$  [Anon., 2018]. Таким образом, по мнению ИКЕС, в 2018 г. впервые за последние 10 лет состояние



**Рис. 6.** Численность +рекрутов (возраст 0+) скумбрии СВА в 1980–2019 гг. (Результаты оценок ИКЕС в 2012–2019 гг. в рамках моделей ICA (до 2013 г.) и SAM (с 2014 г.)) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]

нерестового запаса скумбрии СВА оказалось за пределами безопасных биологических границ.

Однако в ноябре 2018 г. между Норвегией, ЕС и Фарерскими о-вами было заключено соглашение, в соответствии с которым ОДУ скумбрии на 2019 г. был установлен в объёме более 653 тыс. т, что только на 20% меньше ОДУ, согласованного этими странами на 2018 г. Поскольку Исландия, Гренландия и РФ были не согласны с предлагаемым ключом распределения ОДУ скумбрии и впоследствии установили национальные квоты на 2019 г. в одностороннем порядке, уже в конце 2018 г. стало ясно, что общий мировой вылов в 2019 г. превысит 800 тыс. т (см. рис. 2), что в 2,6 раза выше ОДУ, рекомендованного ИКЕС.

В сложившихся условиях в ИКЕС было принято решение провести очередное тестирование входных данных для модели SAM в целях дальнейшего совершенствования методической базы в вопросах оценки запаса скумбрии.

В марте 2019 г. прошла процедура тестирования модели SAM (interbenchmark) [Anon., 2019a], по результатам которой были пересмотрены оценки SSB, промысловой смертности  $F_{4-8}$  и пополнения по сравнению с 2018 г. (см. рис. 2, 5, 6). Нерестовый запас был пересмотрен в сторону увеличения (выше значения  $MSY B_{trigger}$ ), промысловая смертность – в сторону снижения (ближе к значению  $F_{MSY}$ ). Данные изменения были связаны с обновлёнными настройками модели с целью более корректного отображения недостаточной информации о возрастных группах скумбрии 0 (сеголетки) и 1 год. Это привело к усилению влияния съёмочного индекса в отношении молодежи и пересмотру оценки пополнения в сторону увеличения по сравнению с прошлым годом. В мае 2019 г. ИКЕС рекомендовал ОДУ на 2019 г. в объёме 770 тыс. т, что в 2,4 раза превышало прошлогоднюю рекомендацию.

По мнению РГ ИКЕС, оценка состояния запаса скумбрии была обеспечена относительно адекватным биологическим и статистическим материалом. Как и ранее, основой оценки в 2019 г. послужили индексы трёх съёмок: индекс нерестовой биомассы икраной съёмки (MEGS) за 1992–2019 гг., индексы численности пополнения по данным западноевропейской осенне-зимней донной траловой съёмки (IBTS) за 1998–2018 гг. и численности в возрасте 3–11 лет по результатам летней ТАС (IESSNS) за 2010, 2012–2019 гг. Также использовались данные по возврату меток из норвежской программы мечения и данные уловов по возрастам (0+ – 12 лет) за 1980–2018 гг. Целевые биологические ориентиры на 2019–2020 г. были незначительно изменены: увеличились значения

$F_{MSY}$ ,  $F_{pa}$  и  $B_{lim}$ , уменьшились –  $MSY B_{trigger}$ ,  $B_{pa}$  и  $F_{lim}$  [см. Anon., 2019a, b] (см. рис. 3).

Результаты диагностики модели SAM показали, что в целом она достаточно хорошо настраивалась на все использованные индексы съёмок, а полученные оценки согласовывались с данными по вылову. Однако индексы нерестовой биомассы по данным MEGS и численности рыбы в возрасте 3–11 лет по данным IESSNS воспринимались моделью как завышенные. Основная вероятная причина – недостаточный ряд репрезентативных данных IESSNS и получение только один раз в три года индексов MEGS. Также отмечено увеличение противоречия между индексами биомассы по данным съёмок IESSNS и MEGS, поскольку в 2019 г. по результатам IESSNS индекс биомассы скумбрии увеличился, а по данным MEGS – снизился [см. Anon., 2019 b]. В дополнение к этому было отмечено, что влияние на оценку индекса биомассы данных по возврату меток (метод RFID) выражалось в значительном занижении величины SSB. Поскольку результаты, полученные методом RFID, характеризовались очень большой неопределённостью и не согласовывались с данными указанных выше съёмок, в обновлённых настройках модели было решено изменить используемый набор данных [см. Anon., 2019a, b]. По окончательным расчётам, представленным WGWISE в сентябре 2019 г., нерестовая биомасса (SSB) скумбрии на момент нереста в 2018–2019 гг. составила 4,3–4,4 млн т, а промысловая смертность снизилась с 0,24 в 2018 г. до 0,21 в 2019 г. (см. рис. 2). Поскольку биомасса запаса скумбрии оказалась значительно выше граничного ориентира ( $MSY B_{trigger}$ ), целевая смертность в расчётах на 2020 г. в соответствии со стратегией MSY approach была принята равной  $F_{MSY}$  и составила 0,23 (см. рис. 2). В этом случае предполагалось увеличение в 2020 г. нерестового запаса до 4,5 млн т. Соответственно, рекомендация ИКЕС предусматривала вылов в 2020 г. не более 922 тыс. т скумбрии.

В 2020 г. в ИКЕС по запросу прибрежных государств была проведена очередная процедура тестирования модели SAM и выполнены новые расчёты целевых ориентиров управления промыслом скумбрии в 2021 г. [Anon., 2020a, b] За исключением 2019 г., пересмотренные оценки нерестового запаса (SSB) и промысловой смертности (F) изменились незначительно (см. рис. 2, 5). Новое значение  $F_{MSY}$  составило 0,26, что несколько выше предыдущего уровня смертности (0,23). В соответствии со стратегией MSY approach и принципами «предосторожного» подхода пороговая величина нерестового запаса по сравнению с уровнем 2019–2020 гг. была увеличена до



2,58 млн т. Нерестовый запас ( $MSY B_{trigger}$  и  $B_{pa}$ ) скумбрии не должен быть ниже 2,58 млн т, а промысловая смертность  $F_{MSY}$  — превышать 0,26, при этом величина  $B_{lim}$  составила 2,0 млн т, а  $F_{lim}$  и  $F_{pa}$  — 0,46 и 0,36, соответственно (см. рис. 3).

По предварительным данным в 2020 г. международный вылов атлантической скумбрии составил около 1091 тыс. т, что в 1,2 раза выше ОДУ, рекомендованного ИКЕС (см. рис. 2). По окончательным расчётам РГ ИКЕС, в 2020 г. нерестовый запас скумбрии на начало нереста составлял около 3,7 млн т, что примерно соответствует таковому в 2019 г. и значительно ниже уровня 2013–2018 гг. Тем не менее, величина нерестового запаса остаётся значительно выше граничного ориентира по биомассе ( $MSY B_{trigger} = 2,58$  млн т).

В соответствии со стратегией  $MSY$  approach, в расчётах на 2021 г. целевая смертность была принята равной  $F_{MSY}$  и составила 0,26. В этом случае в 2021 г. нерестовый запас на начало нереста незначительно снизится до 3,6 млн т [см. Anon., 2020 b]. По мнению ИКЕС, в настоящее время нерестовый запас скумбрии СВА находится в пределах безопасных биологических границ и имеет хорошую воспроизводительную способность.

На 2021 г. при целевой смертности  $F = 0,26$  ИКЕС рекомендовал ОДУ скумбрии не более 852,3 тыс. т, что на 8% меньше ОДУ, ранее рекомендованного на 2020 г. В декабре 2020 г. прибрежные государства (Норвегия, ЕС, Фарерские о-ва, Исландия, Великобритания и Гренландия) согласовали ОДУ скумбрии на 2021 г. в объёме, рекомендованном ИКЕС (852,3 тыс. т), однако вопрос деления ОДУ на национальные квоты остался открытым. Состоявшиеся в марте и июне 2021 г. консультации прибрежных государств также не привели к достижению договорённостей относительно возможного распределения долей ОДУ скумбрии. Национальные квоты на 2021 г. были заявлены странами в соответствии с процедурой, принятой в НЕ-АФК. В соответствии с заявленными квотами международный вылов скумбрии в СВА в 2021 г. может составить около 1,2 млн т, а промысловая смертность значительно превысит уровень  $F_{MSY}$ . В этом случае биомасса нерестового запаса на начало нереста составит 3,5–3,6 млн т.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценка нерестового запаса скумбрии с использованием модели ICA за период 1980–1992 гг. оказалась значительно ниже оценки по модели SAM. За период 1993–2009 гг. расчёты по оценке запаса как по модели ICA, так и по модели SAM, имели сходные абсолютные величины SSB и соответствующие тренды

их изменения. С 2010 г. использование модели SAM с обновлёнными настройками показывает значительно большие значения нерестового запаса, при этом максимальный SSB наблюдается с 2014 г. в расчётах, проведённых после дополнительного обновления настроек модели в 2019 г. (см. рис. 5).

Отмеченная динамика SSB практически совпала с тем, что наметившиеся с 2008 г. негативные тенденции в эксплуатации запаса скумбрии, способствовавшие заключению нового долгосрочного плана управления её промыслом, привели к тому, что именно с 2010 г. прибрежные государства и другие страны до настоящего времени не могут достичь договорённостей о величине ОДУ и распределении его на национальные квоты. Как указано выше, действовавшее в 2014–2020 гг. между Норвегией, ЕС и Фарерскими о-вами соглашение по промыслу скумбрии в СВА не учитывало национальные интересы РФ, Гренландии и Исландии. По этой причине достижение договорённостей и в 2021 г. также представляется маловероятным.

Похожая картина наблюдается и при анализе промысловой смертности ( $F_{4-8}$ ) в различные годы. Тенденции изменения и соответствующий тренд в динамике промысловой смертности скумбрии, полученные по двум моделям, были сходными в оценках до 2010 г. При этом фактическая промысловая смертность постоянно превышала  $F$ , рекомендованную ИКЕС (см. рис. 2). Начиная с 2011 г., в расчётах с использованием модели SAM наблюдаются более низкие оценки промысловой смертности, и оценка 2014 г. приблизилась к  $F$ , рекомендованной ИКЕС в 2012–2013 г. ( $F_{4-8}=0,21-0,22$ ). Наиболее выраженный нисходящий тренд наблюдался в обновлённой оценке 2019 г. [Anon., 2019b]. При вылове в 2019 г. 840 тыс. т скумбрии промысловая смертность рыб в возрастных группах 4–8 лет снизилась до 0,22, что оказалось ниже  $F_{MSY}$  (см. рис. 2). А поскольку биомасса запаса скумбрии была оценена на уровне значительно выше граничного ориентира ( $MSY B_{trigger}$ ), целевая смертность в расчётах на 2020 г. в соответствии со стратегией  $MSY$  approach была принята равной  $F_{MSY}=0,23$  (ОДУ 922 тыс. т). Однако при вылове в 2020 г. 1091 тыс. т промысловая смертность  $F_{4-8}$  увеличилась до 0,32. В 2021 г. при предполагаемом вылове около 1200 тыс. т скумбрии  $F_{4-8}$  может увеличиться до 0,38 (Anon., 2020b).

Интересно также отметить выраженный восходящий тренд исторических значений основных биологических ориентиров. Так, с 2009 г. наблюдалось увеличение значений  $F_{lim}$ ,  $F_{pa}$  и  $B_{lim}$ . В то же время величины  $B_{pa}$  и  $MSY B_{trigger}$  изменялись нелинейно (см. рис. 3). При этом величина  $F_{MSY}$  в 2011–2020 г. изменялась

крайне незначительно, в пределах 0,21–0,23, и только в 2015 г. увеличилась до 0,25, а в расчётах на 2021 г. – до 0,26. Данный тренд в динамике биологических ориентиров указывал на высокую степень неопределённости оценок запаса и промысловой смертности скумбрии в различные годы.

В 2010–2018 г. международный вылов скумбрии в 1,3–1,9 (в среднем в 1,5) раза превышал ОДУ, рекомендованный ИКЕС (см. рис. 2). В 2019 г., после обновления оценки нерестового запаса скумбрии, наметились положительные тенденции: рекомендация ИКЕС по ОДУ скумбрии на 2019 г. (770 тыс. т) оказалась лишь в 1,1 раза ниже международного вылова (840 тыс. т). Предварительный вылов в 2020 г. (около 1091 тыс. т) превысил рекомендацию ИКЕС (922 тыс. т) в 1,2 раза, что также значительно ниже, чем в предшествующие годы. Однако уже в 2021 г. предполагаемый международный вылов атлантической скумбрии может превысить рекомендованный ИКЕС ОДУ (852,3 тыс. т) в 1,4 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмеченное во II десятилетии XXI века значительное изменение трендов биомассы нерестового запаса и промысловой смертности скумбрии в результате изменений в настройках модели свидетельствуют о нестабильности оценок SSB этой рыбы. Результаты диагностики модели показали увеличение противоречия между индексами съёмов IESSNS и MEGS [см. Anon., 2020b]. Высокая степень неопределённости в оценках сохраняется. Однако в будущем, с увеличением общего ряда исходных данных и совершенствованием модели оценки запаса степень неопределённости в оценках должна снижаться.

Основной проблемой регулирования промысла скумбрии остаётся деление ОДУ на национальные квоты. Существенным критерием является исторический вылов. Отсутствие договоренностей между всеми странами, ведущими промысел скумбрии, привело к значительным переловам её запаса. С 2010 г. национальные квоты заявляются в НЕАФК и фактически устанавливаются в одностороннем порядке. Таким образом, стратегия управления промыслом скумбрии в настоящее время не согласована. Вероятно, достижение соглашения между всеми странами, участвующими в промысле скумбрии, может быть возможно только при уменьшении долей прежде всего прибрежных государств в рамках ОДУ, рекомендованного ИКЕС.

Поскольку по отношению к запасу скумбрии РФ не является прибрежным государством, при распределении ОДУ для нее наиболее важны два показателя –

критерий исторического вылова и вклад в научные исследования данного вида. В 2001–2009 гг. вылов РФ в международных водах составлял около 4–6% от мирового вылова во всех районах промысла. В 2010–2013 гг. вылов РФ в международных водах постоянно увеличивался и находился на уровне 5–7% от общего вылова. С 2014 г. мировой вылов скумбрии, за исключением 2019 г., превышает 1 млн т, а вылов РФ в международных водах находится на уровне более 100 тыс. т, что составляет 7–14% (в среднем 10,3%) от общего вылова во всех районах промысла. Установленный в 2021 г. уровень национальной квоты в Районе регулирования НЕАФК в объеме 120,423 тыс. т может составить 10% от уровня предполагаемого мирового вылова скумбрии (около 1200 тыс. т). С учетом динамики запаса, рекомендаций ИКЕС, согласованного прибрежными государствами ОДУ, в целях формирования и утверждения возможного будущего механизма деления ОДУ скумбрии на национальные квоты доля России в 2022 г. и последующие годы может быть снижена до 7,5–8% от ОДУ при условии достижения соглашения всеми странами, участвующими в промысле данного запаса. В 2021 г. по решению Росрыболовства была создана Рабочая группа, задачей которой является определение возможной доли РФ от ОДУ скумбрии.

В целом расчёты, выполненные ИКЕС, показывают, что только соблюдение правил эксплуатации запаса и целевых биологических ориентиров позволит не допустить снижения биомассы нерестового запаса скумбрии до уровня ниже  $V_{pa}$  и минимизировать риск его коллапса. В долгосрочной перспективе для сохранения запаса скумбрии в пределах безопасных биологических границ необходимо строгое регулирование её промысла в рамках ИКЕС и НЕАФК с применением принципов «предосторожного» подхода и данных научных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андряшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 566 с.
- Беликов С.В., Боркин И.В., Крысов А.И., Селиверстова Е.И., Ушаков Н.Г. 1991. Состояние запасов пелагических рыб и перспективы их восстановления в морях Европейского Севера // Комплексные рыбохозяйственные исследования ПИНРО на Северном бассейне: итоги и перспективы. Мурманск: ПИНРО. С. 130–144.
- Далимаев А.П., Селиверстова Е.И., Калашников Ю.Н. 2011. Закономерности и особенности распределения, миграций и поведения скумбрии в период нагула в зависимости от условий среды и размерно-возрастной структуры популяции // Рыбное хозяйство. Юбилейный спецвып. С. 53–57.

- Калашников Ю.Н. 2017. Состояние промысла атлантической скумбрии в Северо-Восточной Атлантике // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток. Т. 41. С. 22–28.
- Клочков Д.Н., Шамрай Е.А. 2001. Миграции, состояние запасов и перспективы промысла скумбрии Норвежского моря // Вопросы рыболовства. Т. 2. № 4 (8). С. 663–677.
- Клочков Д.Н., Чинарина А.Д. 2005. Биология и промысел атлантической скумбрии (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) в Норвежском море. Апатиты: Изд-во КНЦ. 67 с.
- Никольский Г.В. 1971. Частная ихтиология. М.: Высшая школа. 473 с.
- Сентябев Е.В., Бочков Ю.А. 2001. Методика прогнозирования сроков появления и распределения скумбрии и путассу в промысловых районах Северо-Восточной Атлантики и Норвежского моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 26 с.
- Скумбрия атлантическая. Путинный прогноз 2005 / Сост. Боркин И.В., Сентябев Е.В., Шамрай Е.А., Селиверстова Е.И., Карсаков А.Л., Константинова Л.Л., Славолитова Г.К., Лисовский С.Ф. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. 56 с.
- Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2020 г. 2020. / Отв. ред. Л.И. Пестрикова. Мурманск: ПИНРО. 145 с.
- Тамбс-Люхе Х. 1956. Промысловые рыбы Норвегии. Москва. Изд-во МРП СССР. 158 с.
- Шамрай Е.А., Сентябев Е.В., Селиверстова Е.И., Калашников Ю.Н. 2010. Российский промысел скумбрии в Норвежском море: история, современность и перспективы // Вопросы рыболовства. Т. 11. № 4 (44). С. 681–693.
- Шмидт П.Ю. 1947. Миграции рыб. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 362 с.
- Anon. 2000. Report of the Working Group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. ICES CM 2001/ACFM:06. 469 pp.
- Anon. 2007. Report of the Working Group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. ICES CM2007/ACFM:31. 712 pp.
- Anon. 2008. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM2008/ACOM:13. 712 pp.
- Anon. 2010. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2010/ACOM:15. 622 pp.
- Anon. 2012. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2012/ACOM:16. 940 pp.
- Anon. 2013. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2013/ACOM:15. 947 pp.
- Anon. 2014. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2014/ACOM:15. 971 pp.
- Anon. 2015. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2015/ACOM:15. 588 pp.
- Anon. 2017a. Report of the Benchmark Workshop on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2017/ACOM:36. 196 pp.
- Anon. 2017b. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2017/ACOM: 23. 919 pp.
- Anon. 2018. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2018/ACOM: 23. 619 pp.
- Anon. 2019a. Interbenchmark Workshop on the assessment of Northeast Atlantic mackerel (IBPNEAMac). ICES Scientific Reports / VOLUME 1 / ISSUE 5. 344 pp.
- Anon. 2019 b. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES Scientific Reports / VOLUME 1 / ISSUE 36. 1093 pp.
- Anon. 2020a. Workshop on Management Strategy Evaluation of mackerel (WKMSEMAC). ICES Scientific Reports / VOLUME 2 / ISSUE 74. 182 pp.
- Anon. 2020b. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES Scientific Reports / VOLUME 2 / ISSUE 82. 1074 pp.
- Belikov S.V., Jakupsstovu S.H., Shamrai E.A., Thomsen B. 1998. Migration of Mackerel during summer in the Norwegian Sea // ICES CM 1998/AA:8. 15 pp.
- Meek A. 1916. The migrations of fish. London. 427 pp.

Поступила в редакцию 29.03.2021 г.

Принята после рецензии 05.08.2021 г.

## Stock assessment and international mackerel fishing in the North-East Atlantic: history and modernity.

*Yu.N. Kalashnikov*

Polar Branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), Murmansk, Russia

In the historical aspect, the estimates of the state of the North-East Atlantic mackerel stock made at ICES in 1980–2020 are considered. The dynamics of input data for setting up models and biological reference points used in assessments in different years is analyzed. Some aspects of the international mackerel fishery are briefly presented and trends in the management of the exploitation of its stock are studied. On the basis of long-term data, the consequences of the ICES recommendations for the historical development of the international Atlantic mackerel fishery are estimated. It is shown that the significant change in trends in the dynamics of spawning stock and commercial mortality of mackerel observed in the second decade of the XXI century reflects changes in the settings of the models used and indicates the instability of estimates of mackerel stock. It is noted that only compliance with the established rules of stock operation and target biological guidelines will prevent the decline of the spawning stock of mackerel to a level below the safe biological boundaries and minimize the risk of its collapse. The necessity of strict regulation of fishing within the framework of ICES and NEAFC with the application of the principles of the “precautionary” approach and scientific research data is shown.

**Keywords:** North-East Atlantic, *Scomber scombrus* mackerel, fishing, spawning stock, commercial mortality, exploitation model, biological reference points.

### REFERENCES

- Andriyashev A.P.* 1954. Ryby severnykh morej SSSR [Pisces of the Northern Seas of the USSR]. M.-L.: Izd-vo AN SSSR. 566 s.
- Belikov S.V., Borkin I.V., Krysov A.I., Seliverstova E.I., Ushakov N.G.* 1991. Sostoyanie zapasov pelagicheskikh ryb i perspektivy ikh vosstanovleniya v moryakh Evropejskogo Severa [Pelagic fish stocks state and prospects of their recovery in the European North Seas] // Kompleksnye rybokhozyajstvennye issledovaniya PINRO na Severnom bassejne: itogi i perspektivy. Murmansk: PINRO. S. 130–144.
- Dalimaev A.P., Seliverstova E.I., Kalashnikov Yu.N.* 2011. Zakonomernosti i osobennosti raspredeleniya, migratsij i povedeniya skumbrii v period nagula v zavisimosti ot uslovij srede i razmerno-vozzrastnoj struktury populyatsii [Regularities and peculiarities of mackerel distribution, migration and behaviour in the feeding period depending on the environmental conditions and the age-length population structure] // Rybnoe khozyajstvo. Yubileinyj spetsvyv. S.53–57.
- Kalashnikov Yu.N.* 2017. Sostoyanie promysla atlanticheskoy skumbrii v Severo-Vostochnoj Atlantike [State of atlantic mackerel fishery in North-East Atlantic] // Nauchnye trudy Dal'rybvtuza. Vladivostok. T. 41. S. 22–28.
- Klochkov D.N., Shamraj E.A.* 2001. Migratsii, sostoyanie zapasov i perspektivy promysla skumbrii Norvezhskogo morya [Migration, stock status and prospects for mackerel fishing in the Norwegian Sea] // Voprosy rybolovstva. T. 2. № 4 (8). S. 663–677.
- Klochkov D.N., Chinarina A.D.* 2005. Biologiya i promysel atlanticheskoy skumbrii (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) v Norvezhskom more. [Biology and fishery of atlantic mackerel (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) in the Norwegian Sea]. Apatity: Izd-vo KNTS. 67 s.
- Nikol'skij G.V.* 1971. Chastnaya ikhtiologiya. [Private ichthyology]. M.: Vysshaya shkola. 473 s.
- Sentyabov Ye.V., Bochkov Yu.A.* 2001. Metodika prognozirovaniya srokov poyavleniya i raspredeleniya skumbrii i putassu v promyslovnykh rayonakh Severo-Vostochnoy Atlantiki i Norvezhskogo morya [Methodology for predicting the timing of appearance and distribution of mackerel and blue whiting in the fishing areas of the North-East Atlantic and the Norwegian Sea]. Murmansk: Izd-vo PINRO. 26 s.
- Skumbriya atlanticheskaya.* Putinnyj prognoz 2005. [Atlantic mackerel. Putin forecast 2005]. / *Borkin I.V., Sentyabov E.V., Shamraj E.A., Seliverstova E.I., Karsakov A.L., Konstantinova L.L., Slovolitova G.K., Lisovskij S.F.* 2005. Murmansk: Izd-vo PINRO. 56 s.
- Sostoyaniye syr'yevykh biologicheskikh resursov Barentseva i Belogo morey i Severnoy Atlantiki v 2020 g* [The state of raw biological resources of the Barents and White Seas and the North Atlantic in 2020]. 2020 / Otv. red. L.I. Pestrikova. Murmansk: PINRO. 145 s.



- Tambs-Lyukhe Kh.* 1956. Promyslovyye ryby Norvegii [Commercial fish in Norway]. Moskva. Izd-vo MRP SSSR. 158 s.
- Shamraj E.A., Sentyabov E.V., Seliverstova E.I., Kalashnikov Yu.N.* 2010. Rossijskij promysel skumbrii v Norvezhskom more: istoriya, sovremennost' i perspektivy [Russian mackerel fishery in the Norwegian Sea: history, present and perspectives.] // *Voprosy rybolovstva*. T. 11. № 4 (44). S. 681–693.
- Shmidt P.YU.* 1947. Migratsii ryb [Fish Migration.]. M.-L.: Izd-vo AN SSSR. 362 s.
- Anon.* 2000. Report of the Working Group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. ICES CM 2001/ACFM:06. 469 pp.
- Anon.* 2007. Report of the Working Group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. ICES CM2007/ACFM:31. 712 pp.
- Anon.* 2008. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM2008/ACOM:13. 712 pp.
- Anon.* 2010. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2010/ACOM:15. 622 pp.
- Anon.* 2012. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2012/ACOM:16. 940 pp.
- Anon.* 2013. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2013/ACOM:15. 947 pp.
- Anon.* 2014. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2014/ACOM:15. 971 pp.
- Anon.* 2015. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2015/ACOM:15. 588 pp.
- Anon.* 2017a. Report of the Benchmark Workshop on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2017/ACOM:36. 196 pp.
- Anon.* 2017b. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2017/ACOM: 23. 919 pp.
- Anon.* 2018. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES CM 2018/ACOM: 23. 619 pp.
- Anon.* 2019a. Interbenchmark Workshop on the assessment of Northeast Atlantic mackerel (IBPNEAMac). ICES Scientific Reports / VOLUME 1 / ISSUE 5. 344 pp.
- Anon.* 2019b. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES Scientific Reports / VOLUME 1 / ISSUE 36. 1093 pp.
- Anon.* 2020a. Workshop on Management Strategy Evaluation of mackerel (WKMSEMAC). ICES Scientific Reports / VOLUME 2 / ISSUE 74. 182 pp.
- Anon.* 2020 b. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). ICES Scientific Reports / VOLUME 2 / ISSUE 82. 1074 pp.
- Belikov S.V., Jakupsstovu S.H., Shamrai E., Thomsen B.* 1998. Migration of Mackerel during summer in the Norwegian Sea // ICES CM 1998/AA:8. 15 pp.
- Meek A.* 1916. The migrations of fish. London. 427 pp.

## FIGURE CAPTIONS

**Fig. 1.** Areas of international fishing and catching of mackerel (t) in the I–IV quarters of 2018 (in standardized ICES squares) [Anon., 2019 b]

**Fig. 2.** International catch, total allowable catch (TAC), recommended by ICES (thousand tons) and commercial mortality ( $F_{4-8}$ ) of Atlantic mackerel in 1980–2021 (estimated  $F_{4-8}$  under the ICA models in 2012 and SAM in 2014–2019) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]

**Fig. 3.** Biological targets (spawning stock and mortality) used in ICES and actual fishing mortality ( $F_{4-8}$ ) of mackerel in 1999–2021 [Anon., 2000; 2007; 2012; 2013; 2014; 2015; 2017a, b; 2018; 2019a, b; 2020a, b]

**Fig. 4.** Spawning stock biomass and commercial mortality ( $F_{4-8}$ ) of mackerel in 1980–2012, calculated in ICES in 2013 using three input data variants ( $SSB_1$  – ICA model;  $SSB_2$  – ICA model with  $\lambda$ . SR = 0,17;  $SSB_3$  – ICA model with weight change of ages 0 and 1;  $F_1, F_2, F_3$ -corresponding commercial mortality [Anon., 2013]

**Fig. 5.** The spawning stock biomass of NEA mackerel in the years 1980–2020 (Results of ICES assessments in 2012–2020 under the ICA (until 2013) and SAM (since 2014) models) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]

**Fig. 6.** Number of the NEA mackerel recruits (age 0 +) in 1980–2019 (Results of ICES assessments in 2012–2020 under the ICA (until 2013) and SAM (since 2014) models) [Anon., 2012; 2014; 2017b; 2019b; 2020b]