

Водные биологические ресурсы

Долгосрочный прогноз российской добычи сельди в Балтийском море

И.С. Труфанова, В.М. Амосова

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ул. Дм. Донского, д. 5, г. Калининград, 236022
E-mail: inna-baltic@yandex.ru

Целью работы является выполнение прогнозирования российского вылова балтийской сельди (салаки) *Clupea harengus membras* на ближайшее десятилетие. Необходимость данного исследования в первую очередь обусловлена социально-экономическими факторами: модернизацией рыбопромышленного комплекса Калининградской области, наращиванием объёмов добычи и переработки сельди, планированием мощностей рыбодобывающих и рыбоперерабатывающих предприятий региона в ближайшие годы. Запасы промысловых видов рыб в Балтийском море относятся к трансграничным. В рамках международного регулирования рыболовства и промысла водных биологических ресурсов в Балтийском море между прибалтийскими странами Европейского союза и Российской Федерацией осуществляется научное сотрудничество в международной научной организации, занимающейся проблемами комплексного изучения и эксплуатации биологических ресурсов морей и океанов, – Международным советом по исследованию моря (ИКЕС). В настоящее время отмечается тенденция к снижению запаса вида, в том числе, в связи с произошедшими изменениями в экосистеме Балтики.

Используемые методы: прогноз основан на трёх сценарных расчётах при помощи апробированного на международном уровне в рамках ИКЕС программного обеспечения MFDP (Multi Fleet Deterministic Projection) с использованием многолетних рядов биостатистических данных по возрастным группам. Для оценки возможного вылова применялись рекомендованные ИКЕС биологические ориентиры, промысловая смертность, граничный ориентир нерестовой биомассы.

Новизна: подобное долгосрочное прогнозирование российского вылова для балтийской сельди ранее не проводилось.

Результат: получены возможные величины нерестовой биомассы запаса до 2030 г. и российского вылова сельди в Балтийском море до 2029 г. в условиях снижения величины запаса сельди ниже предосторожного подхода, постепенно приближающегося к граничному ориентиру.

Практическая значимость: прогностические оценки возможного объёма вылова сельди в российской зоне могут служить ориентирами для рыбодобывающих организаций при планировании устойчивости производственных показателей до 2030 г.

Ключевые слова: балтийская сельдь, *Clupea harengus membras*, промысел, Балтийское море, прогнозирование.

Long-term forecast of Russian herring catch in the Baltic Sea

Inna S. Trufanova, Victoria M. Amosova

Atlantic Branch of VNIRO («AtlantNIRO»), 5, Dm. Donskoy st., Kaliningrad, 236022, Russia

The aim of this article is to forecast of the Russian catch of the Baltic herring *Clupea harengus membras* for the next decade has been carried out. The necessity of this study is primarily due to socio-economic factors: the modernization of the fishing industry of the Kaliningrad region, increasing the volume of catches and processing of herring, capacity planning of fishing and fish processing companies in the region in the coming years. The stocks of commercial fish species in the Baltic Sea are transboundary. Scientific cooperation between the Baltic countries of the European Union and the Russian Federation is carried out in an international scientific organization dealing with the problems of complex study and exploitation of biological resources of the seas and oceans – the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) in the framework of international regulation of fishing and fishing of aquatic biological resources in the Baltic Sea. At present, there is a tendency towards a decrease in the herring stock, including in connection with the changes that have occurred in the ecosystem of the Baltic.

Methods used: the forecast is based on three scenario calculations using a proven at the international level within the software ICES MFDP (Multi Fleet Deterministic Projection). Long-term series of biostatistical data by age group were used. The biological reference points recommended by ICES, fishing mortality, and the boundary reference point for spawning biomass were used to assess the possible catch.

Novelty: such a long-term forecasting of the Russian catch for Baltic herring has not been performed before.

Result: we obtained the possible values of the spawning stock biomass to 2030 and the Russian catches of herring in the Baltic Sea until 2029 in the current conditions of a decrease in the size of the herring stock below precautionary approach, gradually approaching the lower reference point.

Practical significance: long-term forecast of herring catch in the Russian zone can serve as guidelines for fishing organizations when planning the sustainability of production indicators until 2030.

Keywords: Baltic herring, *Clupea harengus membras*, fishery, Baltic Sea, forecasting.

ВВЕДЕНИЕ

Сельдь балтийская (салака) (*Clupea harengus membras* L., 1761) является одним из важнейших представителей промысловой ихтиофауны Балтийского моря наряду с треской (*Gadus morhua callarias* L., 1758), шпротом (килькой) (*Sprattus sprattus balticus* Schneider, 1908), речной камбалой (*Platichthys flesus trachurus* Duncker, 1892) и балтийской камбалой (*Platichthys solemdali* Momigliano, Denys, Jokinen, Merilä, 2018). Она занимает второе место по объёму добычи рыб на российской акватории моря после шпрота.

Несколько последних десятилетий в экосистеме Балтийского моря происходили глубокие структурные изменения, вызванные прессом рыболовства, эвтрофикацией и изменением (потеплением) климата. Влияние этих факторов отразилось на видовом составе, численности и функционировании зоопланктонного¹ и рыбного² сообществ [MacKenzie, Koster, 2004; Зезера, 2009; Зезера, Иванович, 2011; Зезера и др., 2012, 2014; Карпушевский и др., 2013; Amosova et al., 2016; Амосова и др., 2017]. Увеличилась пространственная неоднородность распределения промысловых видов рыб, усилилась межвидовая и внутривидовая конкуренция мелкосельдевых из-за снижения пресса хищничества трески и сокращения её запаса [Amosova et al., 2016; Report of the Inter-Benchmark, ... 2020b].

Эксплуатация водных биологических ресурсов (ВБР) связана с большими экологическими рисками, что особенно значимо в последние годы на фоне модернизации и обновления российского промыслового флота, развития береговой инфраструктуры рыбоприёмных пунктов и с учётом повышенной чувствительности экосистемы к воздействиям человека и самой среды. Для сохранения устойчивой сырьевой базы, репродуктивной способности популяций рыб, достижения баланса между промысловыми мощностями и существующими запасами рыб актуальными стали вопросы долгосрочного прогнозирования. Проблема перспектив развития регионального прибрежного промысла, ориентированного на состояние запасов рыб в будущем, особо подчёркивалась на официальных встречах представителей местной рыбо-

промышленной отрасли с главами Росрыболовства³ [Fishnews, 2020]. Для повышения эффективности и работоспособности рыбохозяйственного комплекса Калининградского региона необходимо прогнозирование устойчивости его производственных и отраслевых показателей. Это требует, в том числе, наличия определённых ориентиров величин добычи ВБР. Прогноз возможного российского вылова шпрота в Балтийском море на ближайшие годы уже был выполнен [Амосова и др., 2018], по сельди такое исследование до настоящего времени ещё не проводилось.

Цель данной работы: определить возможные объёмы российской добычи сельди в Балтийском море в пределах ближайшего десятилетия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Запасы рыб Балтийского моря относятся к трансграничным. Расчёт их объёмов осуществляется на Рабочей группе ИКЕС (ICES – International Council for the Exploration of the Sea, Международный Совет по исследованию моря) по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море (WGBFAS – Baltic Fisheries Assessment Working Group), в работе которой ежегодно принимают участие специалисты АтлантНИРО. Сельдь, эксплуатируемая в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) и территориальном море Российской Федерации (РФ) 26+32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря, относится к Центральному запасу – 25–29 (исключая Рижский залив) и 32 подрайоны ИКЕС (рис. 1).

Поэтому для долгосрочного детерминированного прогнозирования был использован ряд многолетних данных ИКЕС по всей единице запаса за 1974–2020 гг.: численность по возрастным группам, промысловая и естественная смертность по возрастным группам, коэффициенты полового созревания, средние массы по возрастным группам, а также численность пополнения на прогнозные годы. Российские материалы по сельди и другим видам рыб, собранные из промысловых и научно-исследовательских уловов, ежегодно успешно проходят проверку и принимаются ИКЕС, и вместе с аналогичной информацией из других балтийских стран используются как входные для моделей оценок запасов рыб. Вся вышеперечисленная многолетняя статистика ежегодно обновляется ИКЕС и приводится в материалах Рабочих групп [Report of the Baltic ..., 2021 a, Report of the Working..., 2021 c]. Оценка величины запасов рыб производится также на Рабочих группах посредством различных программ и моделей, доступных в ИКЕС.

³ Запасы Балтики снижаются. Fishnews. 2020. Доступно через: <https://fishnews.ru/news/40576>. 07.04.2021.

¹ Feldman V.N., Zhigalova N.N., Patokina F.A., Zezera A.S. 2002. Dynamics of zooplankton structure, sprat and herring feeding and trophic interactions in conditions of water warming in the southeastern Baltic Sea // ICES ASC Handbook, Annual Science Conference ICES, 29 September – 9 October, Copenhagen, Denmark. ICES CM/N:05: P. 1–31.

² Feldman V.N., Vasilieva T.G. 2001. Changes in distribution, abundance and population structure of Baltic sprat in 1992–2000 // ICES ASC Handbook, ICES Annual Science Conference ICES, 26–29 September 2000. Oslo, Norway. ICES CM 2001 /U:05. P. 111.

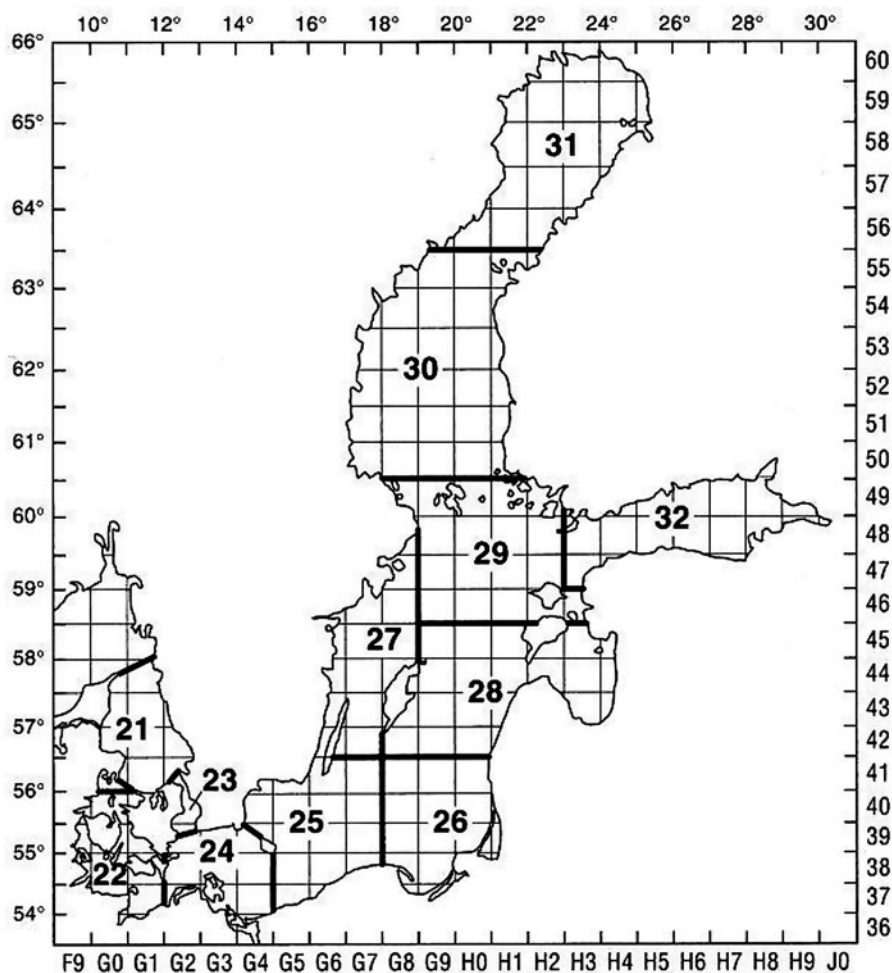


Рис. 1. Подрайоны ИКЕС Балтийского моря
Fig. 1. The Baltic Sea ICES subdivisions

Вследствие сложной популяционной структуры сельди и наличия группировок с разными темпами роста чётких доказательств наличия значимой связи между запасом и пополнением не обнаружено [Report of the Inter-Benchmark ..., 2020 b]. Соответственно, детерминированное прогнозирование численности пополнения сельди в возрасте 1 год в различные годы классическими уравнениями динамики запасов рыб Бивертон-Холта и Риккера (зависимость запас-пополнение S-R модель) существенно затруднено. Оценка Центрального запаса балтийской сельди (подрайоны ИКЕС 25–29+32, за исключением Рижского залива) на протяжении многих лет выполняется методом виртуально-популяционного анализа⁴ (ВПА, версия 3.1.) с настройкой по методу «расширенного анализа выживания» XSA [Shepherd, 1992]. Для анализа регрессии индексов численности 0-группы для

25–27, 28.2 и 29 подрайонов ИКЕС на численность пополнения (возраст 1 год) по XSA и прогноза использовалась самостоятельная программа калибровки пополнения RCT3 (Recruitment calibration tools ver. 3.1) [Shepherd, 1997; Report of the Baltic ..., 2021a, Report of the Working ..., 2021c], код которой также доступен в среде R.⁵ Корреляция индексов 0-группы на съёмках с численностью первой группы XSA для поколений 2014–2020 гг. была высокой ($R^2 = 0,78–0,86$). Пополнение 2021 г. (поколение 2020 г.) оценено на уровне ниже среднееголетнего значения за период 1974–2020 гг. (17,5 млрд экз.) и составило 12,13 млрд экз. В соответствии с методикой ИКЕС пополнение 2022 г. рассчитано как геометрическое среднее за период 1988–2019 гг. – 11,95 млрд экз.; прогнозируемое пополнение для 2023–2030 гг. – среднее геометрическое за последние 10 лет (11,38 млрд экз.). Испол-

⁴ Darby C. D., Flatman S., 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1 (Windows/DOS), User Guide. Inf. Techn. Ser. MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft.— 85 p.

⁵ Package 'rct3'. CRAN. 2021 [обновлено 25 сентября 2020. процитировано 17 декабря 2021]. Доступно через: <https://cran.rstudio.com/web/packages/rct3/rct3.pdf>

зование данных по пополнению именно за десятилетие обусловлено следующими причинами. Во-первых, этот период отражает текущее состояние популяции с учётом современных изменений климата, промысловых нагрузок и прочих факторов, а также учитывает тенденции их развития в ближайшей перспективе. Во-вторых, за 10 лет поколение практически полностью облавливается. И наконец, эти 10 лет включают в себя как урожайные поколения, так и среднеурожайные и неурожайные поколения, т.е. все варианты.

Коэффициенты естественной смертности (M) сельди, переменные для различных возрастов, в разные годы зависят от степени влияния хищничества трески. До 2012 г. на рабочих группах ИКЕС коэффициенты смертности от хищничества (M_1) были получены на основе многовидового ВПА (MSVPA) [Sparre, 1991]. Начиная с 2013 г., новые оценки M_1 (для 1974–2011 гг.) выполнялись с помощью стохастического многовидового моделирования⁶ (SMS – Stochastic Multi-Species model), благодаря которому появилась возможность использовать в настройках долгопериодные ряды вылова трески, шпрота и сельди по возрастам, индексы численности, биомассы рыб и наполнения их желудков по данным съёмок. В 2019 г. впервые после 2013 г. проведена аналитическая оценка биомассы трески согласно I-му уровню информационного обеспечения [Report of the Baltic ..., 2019]. В связи с этим в 2020 г. состоялся пересмотр коэффициентов естественной смертности (M) сельди. В сравнении с предыдущими оценками M , значения коэффициентов существенно увеличились для младших возрастных групп (сеголетки, годовики). Для возрастных групп 2–8+ они стали более высокими с начала временного периода до середины 1980-х гг. [Report of the Inter-Benchmark ..., 2020b].

Коэффициенты темпа полового созревания сельди 25–27, 28.2, 29, 32 подрайонов ИКЕС, используемые в расчётах биомассы запаса на будущие годы, также были пересмотрены в марте 2020 г. [Report of the Inter-Benchmark ..., 2020b]. Данные России и других прибалтийских стран были усреднены по группам подрайонов, с весовым коэффициентом, отражающим пропорцию вылова в подрайонах. Они анализировались с использованием обобщённой линейной интерактивной модели (GLIM) [McCullagh, Nelder; 1989]. Результаты для всего моря в среднем показали, что в возрасте 1 год созревает 0% сельди, в возрасте 2 года – 70%, в возрасте 3 года – 90%, в возрасте

4 года созревает 100% салаки. Оценки созревания сельди, проведённые в 2020 г., не отличались от таковых в 2013 и 2002 гг.

Данные анализировали в программе MFDP⁷ (Multi Fleet Deterministic Projection), которая производит расчёты по классическим уравнениям динамики запасов рыб, она используется и на Рабочих группах ИКЕС [Report of the Baltic ..., 2021 a]. После загрузки вышеперечисленных материалов в окне программы вносились параметры для прогнозных лет: предполагаемая численность пополнения, промысловая (F) и естественная (M) смертность. Данный подход позволил провести анализ и диагностику (оценку) полученных результатов.

Анализ динамики эксплуатируемого запаса сельди был основан на детерминистическом долгосрочном моделировании нерестовой биомассы и вылова при разных уровнях промысловой смертности (от 0 до 2 с шагом 0,1) на основе трёх сценариев развития ситуации:

1. Для периода 2023–2029 гг. промысловая нагрузка (F), величина пополнения запаса (R), естественная смертность (M) и прочие входные данные остались на уровне последних трёх лет (2018–2020 гг. – период резкого роста промысловой смертности), т.е. $F=0,47$, $R=9,65$ млрд экз. (среднее геометрическое 2018–2020 гг.);

2. Для периода 2023–2029 гг. промысловая смертность соответствовала оптимальной интенсивности промысла (F_{MSY}), равной 0,21;

3. Для периода 2023–2029 гг. промысловая смертность соответствовала верхней границе оптимальной интенсивности промысла ($F_{MSYupper}$), равной 0,26.

Для 2021–2022 гг. применялись следующие опции управления запасом:

– для промысловой смертности 2021 г. настройка модели осуществлялась через установленный ОДУ для всей единицы запаса (Европейский Союз (ЕС)+Российская Федерация (РФ) = 129,7 тыс. т), т.е. $F_{2021} = 0,34$.

– промысловая смертность 2022 г. установлена на уровне 0,28 в соответствии с предполагаемым выловом, при котором нерестовая биомасса (SSB) в 2023 г. достигнет величины предосторожного подхода (B_{pa}) [Report of the Baltic ..., 2021 a].

Анализ и оценка полученных результатов выполнялись для трёх сценарных расчётов относительно

⁷ ICES. 1999. Report of the ICES workshop on Standard Assessment Tools for Working Groups. Aberdeen. 3rd – 5th March 1999.

Darby, C. & Smith, M.. (2003). The Multi-Fleet Deterministic Projection Program (MFDP). 115–134. [обновлено май 2003; процитировано 17 декабря 2021]. Доступно через: https://www.researchgate.net/publication/296788449_The_Multi-Fleet_Deterministic_Projection_Program_MFDP

⁶ SMS – the Stochastic Multi-Species model. DTU Aqua. 2021. [обновлено 11 декабря 2012; процитировано 17 декабря 2021]. Доступно через: https://projects.au.dk/fileadmin/projects/memc/Models/SMS_PP.pdf

биологических ориентиров по биомассе при условии освоения ОДУ в полном объёме всеми странами. При этом использовались биологические ориентиры, рекомендованные ИКЕС [Report of the ICES ..., 2020c]. Уровень промысловой смертности F_{MSY} соответствует максимальному уравнивающему улову, верхняя и нижняя границы смертности, соответствуют значениям, приводящим к изменению долгосрочного вылова не более чем на 5% по сравнению с ориентиром, равным 0,21. Граничный ориентир нерестовой биомассы (B_{lim}) установлен на уровне 2002 г., как наименьшего значения нерестовой биомассы, способствовавшего увеличению пополнения выше среднего (соответствует B_{loss}). Для предосторожного подхода установлен целевой ориентир B_{pa} (табл. 1).

Научно-исследовательские съёмки по оценке запасов ВБР на акватории российской зоны в последние годы нерегулярны, поэтому для анализа многолетней динамики численности внутривидовых группировок сельди в работе приведены материалы промысловых наблюдений, собранные сотрудниками АтлантНИРО за 1992–2020 гг. по общепринятым методикам [Карпушевский и др., 2013]. Они включили 1779 тралений, 374918 экз. массовых промеров рыб и 69515 экз. биологических анализов, из которых 45313 экз. — с определением группировки и возраста согласно методике Комповского [Komrowski, 1969], Оявеера [1987], Феттер [Fetter et al., 1992] и Бирюкова [1970] по отоли-там. Оценка точности определения возраста сельди специалистами из всех стран Балтийского региона показала хорошую сходимость результатов на уровне 75% [Report of the Workshop..., 2020 e].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общий вылов балтийской сельди в 25–29+32 подрайонах ИКЕС Балтийского моря (исключая сельдь Рижского залива) колебался от максимальных значений в 1974 г. (369 тыс. т) до минимальных — 92 тыс. т

в 2005 г. (рис. 2). В 2020 г. объем добытой салаки составил 177,1 тыс. т при уровне среднего многолетнего показателя за период с 1974 по 2019 гг., равного 202 тыс. т [Report of the Baltic ..., 2021 a]. На протяжении многих лет вылов сельди относительно равномерно вёлся на всей акватории распределения её запаса. Ведущие страны по уловам вида — Швеция, Польша, Финляндия, Эстония и Россия. Освоение квоты странами Европейского союза (ЕС) в последние 5 лет близко к 100%.

Поколения 2015–2019 гг. (пополнения 2016–2020 гг.) оценены на уровне ниже среднемноголетнего значения за период 1974–2020 гг. (17,5 млрд экз.). Нерестовая биомасса сельди снижалась до 2002 г. при значительном росте промысловой смертности в этот период. В 2020 г. нерестовая биомасса сельди составила 365 тыс. т, при среднем многолетнем значении за период 1974–2020 гг. — 852 тыс. т. В период 2012–2014 гг. промысловая смертность находилась ниже, а в 2015–2020 гг. — выше уровня F_{msy} (0,21) в среднем за пятилетие в 2 раза, т.е. промысловая нагрузка в 2018–2020 гг. достигла значений конца 1990-х — начала 2000-х годов, когда отмечались минимальные значения величины запаса сельди. Таким образом, величина запаса сельди Центральной Балтики в настоящее время находится в биологически безопасных пределах, однако объем ее нерестовой биомассы в 2020 г. оказался ниже величины предосторожного подхода и всего на 10% выше предельной величины ($B_{lim}=330$ тыс. т).

Российский вылов сельди в 1993–2020 гг. в Балтийском море оставался на относительно низком уровне — от 6,5 до 26,0 тыс. т (в среднем 14,4 тыс. т) (рис. 3). Недоосвоению квот способствовала незаинтересованность промышленности из-за низкой закупочной цены на сельдь, и низкая рентабельность устаревшего отечественного рыболовного флота на Балтике. Благодаря областным финансовым

Таблица 1. Биологические ориентиры для запаса 25–29+32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря (исключая сельдь Рижского залива) для 2021–2030 гг.

Table 1. Biological reference points for the Central Baltic herring stock in 25–29+32 ICES subdivisions (excluding Gulf of Riga) for 2021–2030

Критерий	Ориентир	Значение
MSY подход	F_{MSY}	0,21
	Целевой диапазон $F_{MSYlower}$ (нижняя граница)	0,15
	Целевой диапазон $F_{MSYupper}$ (верхняя граница)	0,26
Предосторожный подход	$B_{pa} = 1,4 \times B_{lim}$	460 тыс. т
Граничный ориентир нерестовой биомассы	B_{lim}	330 тыс. т

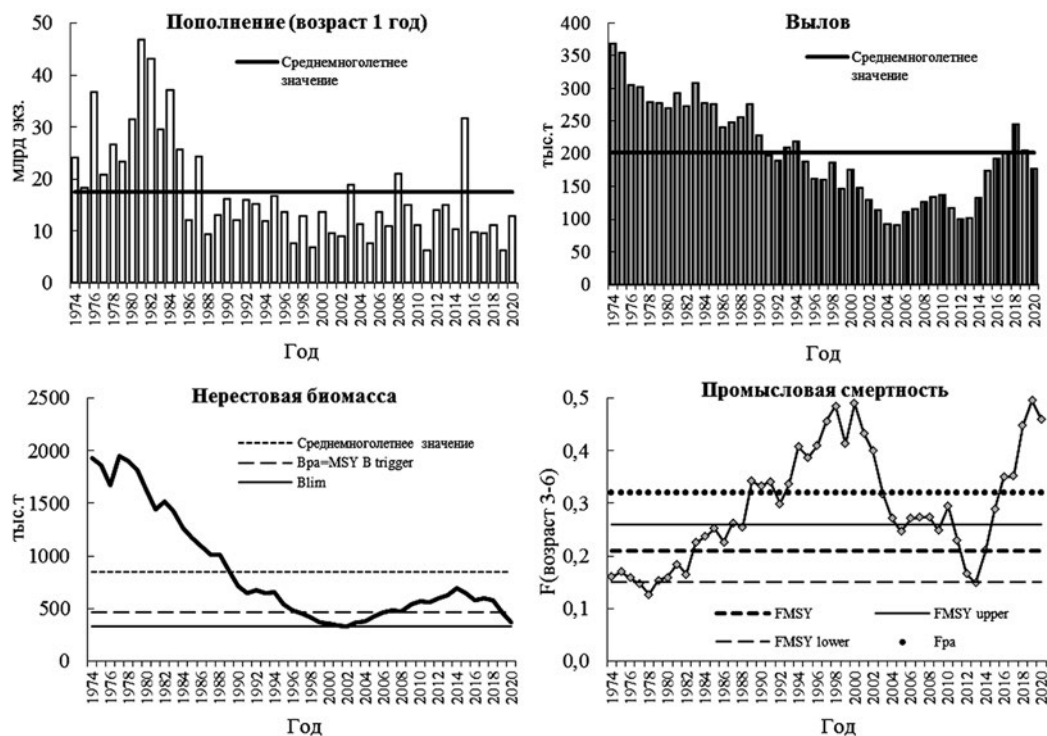
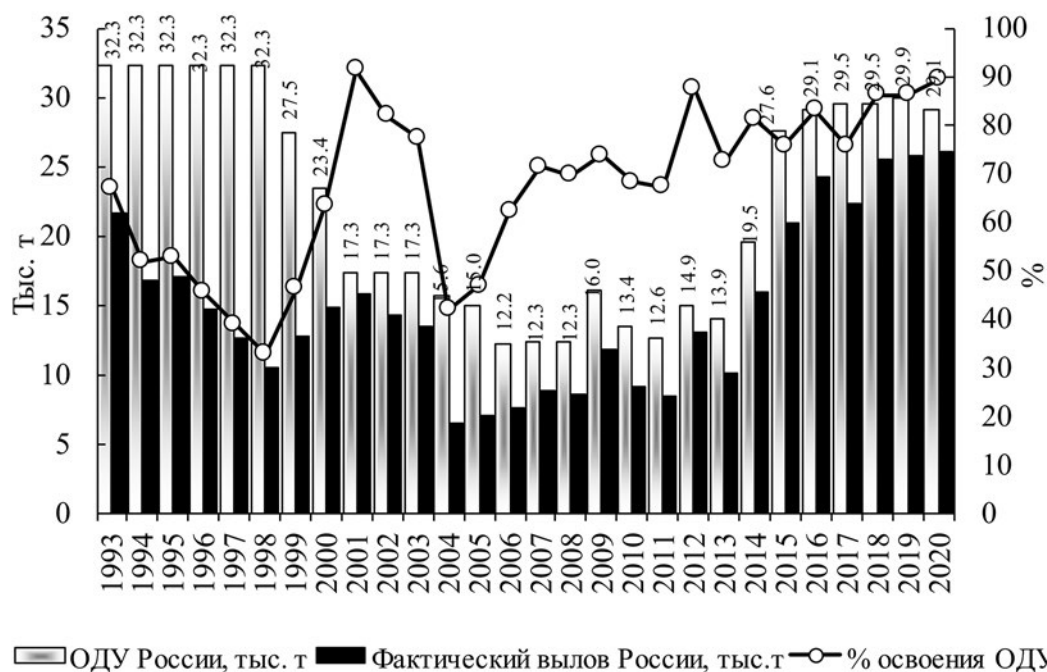


Рис. 2. Состояние запаса балтийской сельди и ее промысел в 25–29, 28.2 и 32 подрайонах ИКЕС (исключая сельдь Рижского залива) в 1974–2020 гг.

Fig. 2. The state of the Baltic herring stock and its fishery at 25–29, 28.2 and 32 ICES subdivisions (excluding the herring of the Gulf of Riga) in 1974–2020



□ ОДУ России, тыс. т ■ Фактический вылов России, тыс. т ○ % освоения ОДУ

Рис. 3. Российский ОДУ (тыс. т), фактический вылов (тыс. т) и освоение ОДУ (%) балтийской сельди (салаки) в 1993–2020 гг.

Fig. 3. Russian TAC (thousand tons), actual catch (thousand tons) and development of Baltic herring TAC (%) in 1993–2020

дотациям при промысле мелкосельдевых, повышению закупочной стоимости салаки, модернизации судов, с 2012 г. объёмы добычи и выбор квот стали увеличиваться на всей российской акватории. С 2015 г. отечественная квота сельди была увеличена в рамках реализации стратегии импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности региона. В 2020 г. отечественный вылов сельди достиг исторического максимума и составил 26,0 тыс. т, освоение квоты (29,1 тыс. т) составило 89,5%.

Российская добыча сельди в пределах единицы запаса ведётся в 26 и 32 подрайонах ИКЕС. Причём если до 2015 г. включительно основной объем вылова сельди (до 85%) приходился на 26 подрайон ИКЕС, включая Калининградский (Вислинский залив), то с 2016 г. доля вылова сельди в 32 подрайоне ИКЕС стала постепенно увеличиваться и к 2020 г. достигла 48% от общего отечественного вылова (рис. 4).

Российские уловы сельди в 26-м подрайоне неоднородны по структуре, в них встречаются три внутривидовых группировки: доминирующая в уловах быстрорастущая весеннерестующая прибрежная, менее многочисленная медленнорастущая весеннерестующая сельдь открытого моря и малочисленная в последние годы осеннерестующая (рис. 5). Они отличаются морфометрическими параметрами, сроками и местами нереста, направлением миграций, скоростью созревания, темпом роста, массой по возрастам [Рорiel, 1958, 1984; Бирюков, 1970; Оявеер, 1987; Аго, 1989].

На рисунке 6 представлена динамика численности прибрежной и морской группировки балтийской сельди в промысловых уловах в 2010–2020 гг. (доля в уловах,%). Весеннерестующая сельдь открытого



Рис 5. Структура российских уловов сельди в 26 подрайоне ИКЕС за 1992–2020 гг.

Fig. 5. The structure of Russian herring catches in the 26 ICES subdivision for 1992–2020

моря и осеннерестующая объединены в одну группу «морской» сельди ввиду сходства образа их жизни [Рорiel, 1984; Оявеер, 1987]. В начале десятилетия отношение численности морской группировки к прибрежной было 1 к 2,3, но с 2016 г. соотношение группировок стало близко к 1:1, т.е. морской сельди в уловах стало больше, а прибрежной с 2018 г. вылавливается несколько меньше, чем раньше. Наличие разных экологических группировок сельди внутри её запаса делает вид более пластичным при изменении состояния окружающей среды и предоставляет стабильную базу для её добычи при ведении промысла на разных акваториях [Труфанова, 2017 а б, 2018 а б].

Данный факт, наряду с влиянием абиотических компонент, урожайности поколений и пр., может быть одной из причин довольно неуспешного освоения квот в Калининградском (Вислинском) заливе после 2016 г., куда ежегодно весеннерестующая прибрежная сельдь совершает нерестовые миграции, и где стартует весенняя «путина» (рис. 7).

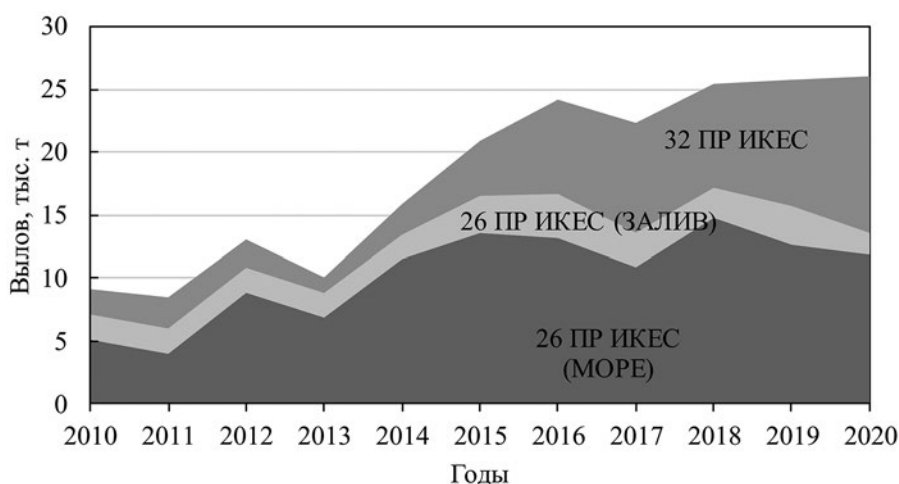


Рис. 4. Российский вылов балтийской сельди (салаки) по подрайонам ИКЕС в 2010–2020 гг.

Fig. 4. Russian Baltic herring catch by ICES subdivisions in 2010–2020

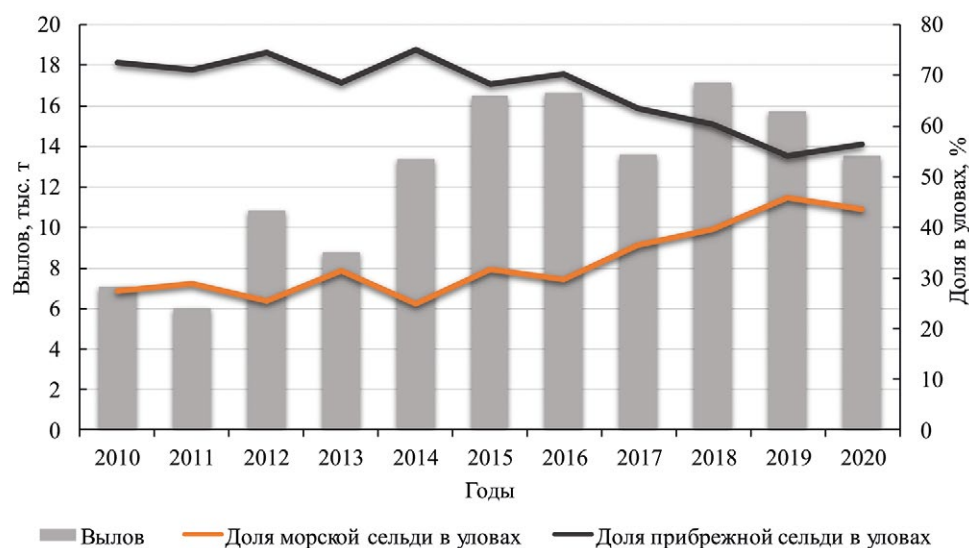


Рис. 6. Российский вылов балтийской сельди в 26 подрайоне ИКЕС (тыс. т) и популяционная динамика прибрежной и морской группировок балтийской сельди (доля в уловах, %) в промысловых уловах в 2010–2020 гг.

Fig. 6. Russian catch of Baltic herring in the 26 ICES subdivision (thousand tons) and population dynamics of coastal and marine groups of Baltic herring (share in catches, %) in commercial catches in 2010–2020

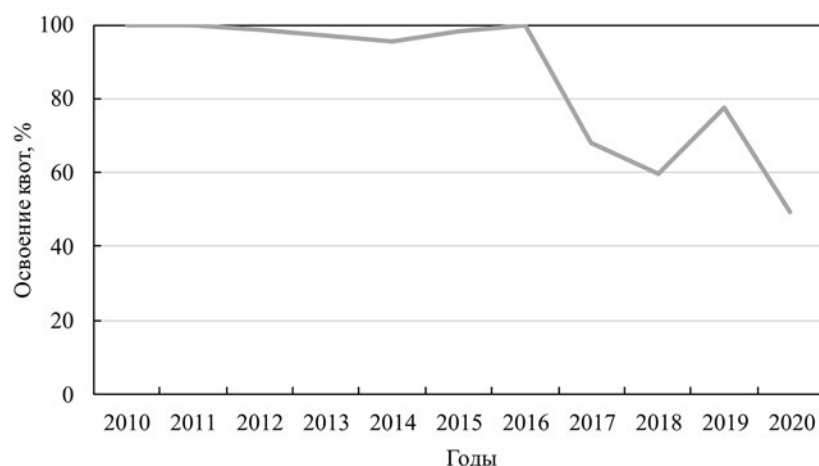


Рис. 7. Освоение российской квоты по сельди в Калининградском (Вислинском) заливе в 2010–2020 гг.

Fig. 7. Development of the Russian quota for herring in the Kaliningrad (Vistula) Lagoon in 2010–2020

Проведённые в 2013 г. ИКЕС исследования по оценке запаса сельди центральной части Балтийского моря отдельно для каждой внутривидовой группировки по данным России, Польши, Швеции, Латвии, Литвы и Финляндии показали отсутствие влияния таких оценок на динамику величин всего запаса.⁸ Однако в масштабах локального участка акватории моря динамика численности группировок имеет большее значение. Доминирование в уловах морской группировки с меньшими индивидуальными навесками, вероятно, может влиять на величину

запаса сельди, а также её добычу в Калининградском (Вислинском заливе).

По данным ИКЕС, в последние десятилетия в Балтике произошло перераспределение запаса вида [Report of the Working ..., 2020 d]: в южной части моря, куда входит российская акватория 26-го подрайона, численность быстрорастущих сельдей снизилась, а в северной выросло количество медленнорастущих особей с низкими навесками по возрастам. Это стало одной из причин снижения биомассы всего запаса. Интересно, что снижение биомассы и численности сельди в Балтийском море характерно не только для единицы Центрального запаса, но и для сельди Западной Балтики 20–24 подрайонов [Report of the

⁸ Report of the benchmark workshop on Baltic multispecies assessments (WKBALT). 2013. Copenhagen, Denmark, ICES CM 2013/ACOM:43. 399 p.

ICES ..., 2021 b]. Кроме того, результаты оценки запаса на WGBFAS 2020 с обновлёнными значениями M (вследствие проведённой впервые после 2013 г. аналитической оценки запаса трески) за 1974–2018 гг. привели к пересмотру величин нерестовой биомассы в сторону понижения (ремасштабированию) с сохранением основного тренда направленности развития величины биомассы, а также к пересмотру коэффициентов промысловой смертности в сторону увеличения (рис. 8). В сравнении с предыдущими оценками M , значения коэффициентов существенно увеличились для младших возрастных групп (сеголетки, годовики). Для возрастных групп 2–8+ стали более высокими с начала временного периода до середины 1980-х гг. [Report of the Baltic ..., 2019, 2020 a]. В последние годы для них характерна тенденция к снижению.

На основе данных о темпах полового созревания сельди, коэффициентах промысловой и естественной смертности (с учётом хищничества трески), численности по возрастным группам и возможной доли отечественного вылова от вылова всеми странами,

с помощью классических уравнений динамики запасов рыб было выполнено детерминированное долгосрочное моделирование. Были рассчитаны некоторые теоретические значения величин нерестовой биомассы сельди в 2021–2030 гг. в рамках единицы запаса, возможных общих уловов (Европейский Союз (ЕС) + Российская Федерация (РФ)) и в пределах ИЭЗ и территориального моря России 26+32 подрайонов ИКЕС в 2021–2029 гг.

Результаты расчётов первого сценария (уровень последних трёх лет) представлены в таблице 2. Нерестовая биомасса сельди достигнет к 2025 г. критических значений, перешагнув в 2026 г. «красную черту» граничного ориентира, равного 330 тыс. т. Запас будет находиться в состоянии потери репродуктивной способности, а промысловую смертность необходимо будет как можно ближе приблизить к нулю.

Результаты расчётов по второму сценарию развития ситуации (оптимальная интенсивность промысла с 2023 г., $F_{MSY}=0,21$) представлены в табл. 3. Промысловая нагрузка в ближайшие годы должна быть сни-

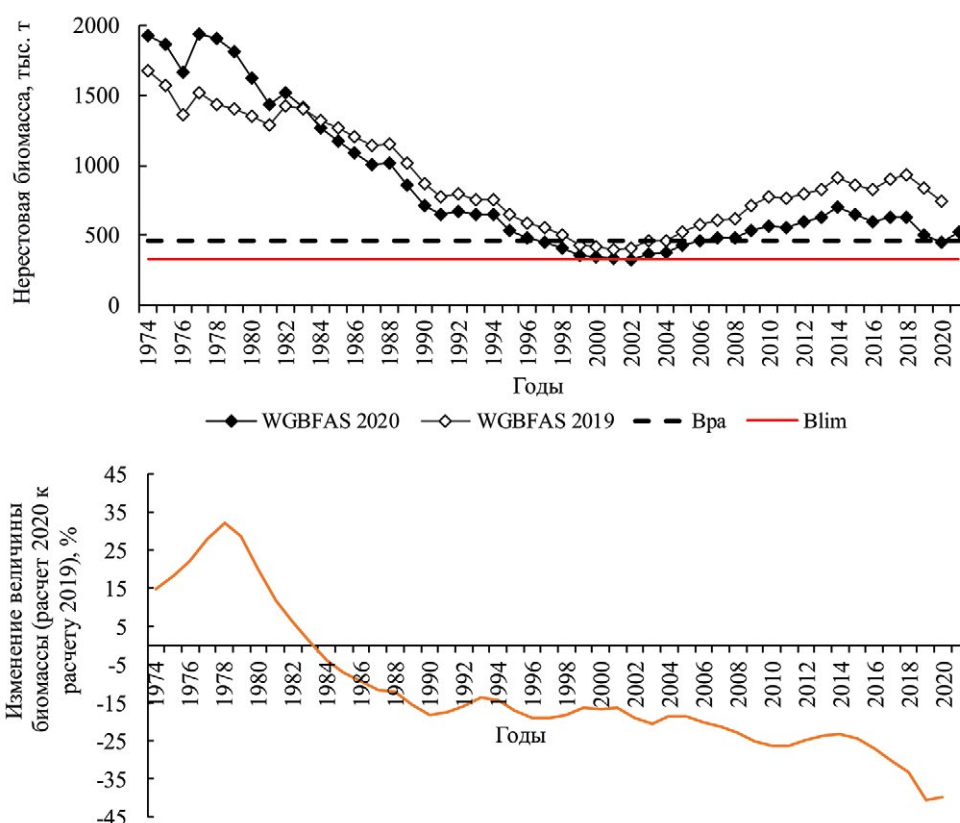


Рис. 8. Нерестовая биомасса сельди Центрального запаса Балтийского моря по данным Рабочих групп ИКЕС WGBFAS 2019 и 2020 гг. за 1974–2021 гг. (верхний). Различия в 2020 г. (в %) по нерестовой биомассе по сравнению с финальным прогнозом на WGBFAS2019 с учётом новых значений естественной и промысловой смертностей (нижний)

Fig. 8. Spawning biomass of Central Baltic herring according to the data of the ICES WGBFAS Working Groups 2019 and 2020 for 1974–2021 (top figure). Differences in WGBFAS2020 (in %) in spawning biomass compared to the final run at WGBFAS 2019, taking into account the new values of natural and fishing mortality (bottom figure)

Таблица 2. Нерестовая биомасса запаса сельди Центральной Балтики в 2021–2030 гг. и её возможный отечественный (РФ) вылов в 2021–2029 гг. по результатам детерминированного долгосрочного моделирования по первому сценарию ($F_{2023-2029} = F_{2018-2020} = 0,47$, уровень последних трёх лет)

Table 2. Spawning stock biomass of the Central Baltic herring in 2021–2030 and its possible Russian catch in 2021–2029 based on the results of deterministic long-term modeling according to the first scenario ($F_{2023-2029} = F_{2018-2020} = 0,47$, level of the last three years)

Показатель	Период, годы	Минимум	Максимум	Среднее	Граничный ориентир нерестовой биомассы	Биомасса предосторожного подхода
Нерестовая биомасса запаса, тыс. т	2021–2025	338	351	352	330 тыс. т	460 тыс. т
	2026...	309	326	315		
Российский вылов, тыс. т	2021–2025	27,2	29,5	28,5		
	2026...	СТОП ПРОМЫСЕЛ				

Таблица 3. Нерестовая биомасса запаса сельди Центральной Балтики в 2021–2030 гг. и её возможный отечественный (РФ) вылов в 2021–2029 гг. по результатам детерминированного долгосрочного моделирования по второму сценарию (оптимальная интенсивность промысла с 2023 г., $F_{MSY} = 0,21$)

Table 3. Spawning stock biomass of the Central Baltic herring in 2021–2030 and its possible Russian catch in 2021–2029 based on the results of deterministic long-term modeling according to the first scenario ($F_{MSY} = 0,21$ since 2023)

Показатель	Период, годы	Среднее	Минимальное	Прирост, % (от минимального к среднему)	Граничный ориентир нерестовой биомассы	Биомасса предосторожного подхода
Нерестовая биомасса запаса, тыс. т	2021–2025	473	365	30	330 тыс. т	460 тыс. т
	2026–2030	652	618	6		
Российский вылов, тыс. т	2021–2025	23,5	18,1			
	2026–2029	26,5	24,9			

жена до уровня 96 тыс. т (соответственно и отечественный вылов – до 18,1 тыс. т.), чтобы обеспечить прирост биомассы от минимального значения к среднему на 30%. В таком случае нерестовая биомасса сельди к 2026 г. превысит значение предосторожного подхода, запас к 2030 г. останется в состоянии полной репродуктивной способности, а ежегодный вылов будет постоянно расти.

Результаты расчётов по третьему сценарию развития ситуации (оптимальная интенсивность промысла на верхней границе с 2023 г., $F_{MSYupper} = 0,26$) по пятилетиям представлены в таблице 4. Промысловая нагрузка в ближайшие годы должна быть снижена до уровня 116 тыс. т (соответственно и отечественный вылов – до 21,9 тыс. т.). Прирост биомассы от минимального значения к среднему составит на 5% меньше.

Таблица 4. Нерестовая биомасса запаса сельди Центральной Балтики в 2021–2030 гг. и её возможный отечественный (РФ) вылов в 2021–2029 гг. по результатам детерминированного долгосрочного моделирования по третьему сценарию (оптимальная интенсивность промысла на верхней границе с 2023 г., $F_{MSYupper} = 0,26$)

Table 4. Spawning stock biomass of the Central Baltic herring in 2021–2030 and its possible Russian catch in 2021–2029 based on the results of deterministic long-term modeling according to the first scenario ($F_{MSYupper} = 0,26$ since 2023)

Показатель	Период, годы	Среднее	Минимальное	Прирост, % (от минимального к среднему)	Граничный ориентир нерестовой биомассы	Биомасса предосторожного подхода
Нерестовая биомасса запаса, тыс. т	2021–2025	457	365	25	330 тыс. т	460 тыс. т
	2026–2030	574	558	3		
Российский вылов, тыс. т	2021–2025	25,5	21,9			
	2026–2029	28,4	27,4			

ше, чем в оценках второго сценария, однако, к 2026 г. её величина также преодолеет порог предосторожного подхода. Запас к 2030 г. останется в состоянии полной репродуктивной способности, а ежегодный вылов будет постоянно расти, причём его стартовые значения и конечные значения, в отличие от второго, более жёсткого по ограничению вылова сценария, будут на 7–8% выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время величина запаса сельди Центральной Балтики находится в биологически безопасных пределах, однако размер её нерестовой биомассы к 2020 г. оказался ниже величины предосторожного подхода и всего на 10% выше предельной величины. В ближайшее время следует ожидать снижение объёмов её добычи.

При эксплуатации запаса всеми прибалтийскими странами на уровне последних трёх лет (первый сценарный расчёт) нерестовая биомасса сельди к 2025 г. достигнет критических значений. Запас будет находиться в состоянии потери репродуктивной способности, а промысловую смертность необходимо будет как можно ближе приблизить к нулю.

Опция управления промыслом при втором сценарном расчёте предполагает резкое снижение вылова в 2023 г. на 37% в сравнении с уровнем 2021 г., с последующим его ростом к 2029 г. до текущих значений (в среднем за период 2026–2029 гг. – 26,5 тыс. т). В таком случае нерестовая биомасса сельди к 2026 г. превысит значение предосторожного подхода, а запас к 2030 г. останется в состоянии полной репродуктивной способности.

Наиболее оптимальным является третий сценарный расчёт, при котором темп прироста биомассы запаса в среднем за пятилетие составит всего на 5% меньше, чем в оценках второго сценария, однако, к 2026 г. её величина также преодолеет порог предосторожного подхода и к 2030 г. запас останется в состоянии полной репродуктивной способности. Предполагаемый вылов с 2023 г. снизится на 23% в сравнении с уровнем 2021 г., средний объём добычи в 2021–2025 гг. и 2026–2029 гг. может составить, соответственно, 25,5 и 28,5 тыс. т, т.е. превысит текущий объём.

Прогностические оценки возможного объёма вылова сельди в российской зоне могут служить ориентирами для рыбодобывающих организаций при планировании устойчивости производственных показателей до 2030 г. Однако эффективность промысла сельди в перспективе, величина численности пополнения, объём нерестовой биомассы будут зависеть

от абиотических компонентов среды, численности трески, питающейся мелкоразмерной сельдью, доли прилова молоди сельди при ведении смешанного пелагического промысла, соотношения внутривидовых группировок сельди и их численности.

Увеличение численности внутривидовой группировки морской сельди в запасе, наряду с влиянием абиотических компонент, урожайности поколений и пр., может быть одной из причин довольно неуспешного освоения квот в Калининградском (Вислинском) заливе в последние годы. При этом наличие разных экологических группировок сельди внутри её запаса делает вид более пластичным при изменении состояния окружающей среды и предоставляет стабильную базу для её добычи при ведении промысла на морских акваториях. С учётом неоднородного распределения запаса в последние годы перспективным является ведение специализированного российского промысла вида в 32 подрайоне Балтийского моря.

В условиях высокой чувствительности экосистемы моря на любые внешние воздействия для контроля состояния запаса балтийской сельди, снижения экологических рисков, связанных с промыслом вида, своевременной корректировки ОДУ, важным является проведение научных траловых и акустических съёмок в ИЭЗ РФ Балтийского моря, мониторинга популяционной структуры запаса сельди на регулярной основе.

ЛИТЕРАТУРА

- Амосова В.М., Васильева Т.Г., Зезера А.С. 2018. О перспективах развития отечественного промысла шпрота в Балтийском море до 2025 г. // Труды ВНИРО. Т. 171. С. 39–55.
- 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.
- Бирюков Н.П. 1970. Сельди Балтийского моря. Калининград: АтлантНИРО. 209 с.
- Зезера А.С. 2009. Многолетние изменения абиотических условий в Балтийском море (1975–2007 гг.) // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006–2007 годах. Т. 1. Балтийское море и заливы. Калининград. С. 6–17.
- Зезера А.С., Иванович В.М. 2011. Изменения климата, абиотических условий и величины запасов основных промысловых видов рыб в Юго-Восточной Балтике в последние десятилетия // Мат. XV конф. по пром. океанологии, посвящённой 150-летию со дня рождения академика Н.М. Книповича. Калининград: Изд. АтлантНИРО. С. 123–126.
- Зезера А.С., Иванович В.М., Патокина Ф.А., Карпушевский И.В., Васильева Т.Г. 2012. Изменения в экосистеме Балтийского моря (Юго-Восточная часть, Гданьский бассейн, 26 подрайон ИКЕС) в последние десятилетия // Тез. докл. XI Всерос. конф.

- по пробл. рыбопромыслового прогнозирования, посвящённой 150-летию со дня рождения академика Н.М. Книповича 22–24 мая 2012 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 28–31.
- Зезера А.С., Амосова В.М., Патокина Ф.А., Карпушевский И.В., Васильева Т.Г., Калинина Н.А. 2014. 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 Атлантиро в 2010–2013 годах. Т. 1. Балтийское море и его заливы. Калининград: Изд-во Атлантиро. С. 6–19.
- Карпушевский И.В., Зезера А.С., Иванович В.М. 2013. Адаптационные особенности популяций пелагических и демерсальных рыб в пространственной и временной динамике фактора солёности вод Балтийского моря // Труды ЗИН РАН. Прил. № 3. СПб. С. 128–135.
- Карпушевский И.В., Константинов В.В., Амосова В.М., Зезера А.С., Дмитриева М.А., Карпушевская А.И. 2013. Методическое пособие по сбору и первичной обработке биостатистических материалов на промысловых судах в водах юго-восточной части Балтийского моря. Калининград: Атлантиро, 85 с.
- Ояевеер Э.А. 1987. Балтийские сельди (биология и промысел). М.: Агропромиздат, 205 с.
- Труфанова И.С. 2017 а. Размерно-возрастной состав и численность осеннерестующей сельди *Clupea harengus tembras* юго-восточной части Балтийского моря и её значение для российского промысла в 1992–2015 гг. // Труды Атлантиро. Новая серия. Т. 1, № 2. Калининград: Атлантиро. С. 154–165.
- Труфанова И.С. 2017 б. Сезонное распределение российских уловов и размерно-возрастного состава балтийской сельди *Clupea harengus tembras* в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря в 1992–2015 годах // Труды Атлантиро. Новая серия. Том 1, № 3. Калининград: Атлантиро. С. 91–107.
- Труфанова И.С. 2018 а. Вылов, динамика численности и возрастной состав уловов балтийской сельди открытого моря в 26-м подрайоне ИКЕС в 2011–2017 годах // Труды ВНИРО. Т. 171. С. 56–67.
- Труфанова И.С. 2018 б. Структура российских промысловых уловов балтийской сельди (салаки) *Clupea harengus tembras* в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря в 1992–2015 годах // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 2. С. 181–192.
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A. 2016. Integrated analysis of several biological/hydrological components and cod stomach data in the Gdansk Basin of the Baltic Sea // ICES ASC Handbook, Annual Science Conference (ASC), Riga, Latvia, 19–23 September 2016. ICES CM 2016/F:665. P. 32.
- Aro E. 1989. A review of fish migration patterns in the Baltic // Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. V. 190. P. 72–96.
- Fetter M., Groth B., Kestner D., Wyshinski M. 1992. Guide for the use of Baltic herring otoliths in fisheries studies // Fischerei-Forschung. № 29. P. 18–42.
- Horbowy J., Luzencyk A. 2016. Effects of multispecies and density dependent factors on MSY reference points: Example of the Baltic Sea sprat // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 74. 10.1139/cjfas-2016-0220. R3: 1–27.
- Kompowski A. 1971. The types of otoliths in herring from the Southern Baltic // Prace Morskiego Instytutu Rybackiego. Vol. 16. P. 109–141.
- McCullagh P., Nelder J.A., 1989. Generalized Linear Models, 2nd ed. Chapman & Hall, London. 511 pp.
- MacKenzie B.R., Koster F.W. 2004. Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea // Ecology. V. 85. P. 784–794.
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2019. ICES Scientific Reports. 1:20. 651 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5949>
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2020 a. ICES Scientific Reports. 2:45. 643 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.6024>
- Report of the Inter-Benchmark Process on Baltic Sprat (*Sprattus sprattus*) and Herring (*Clupea harengus*) (IBPBash). 2020 b. ICES Scientific Reports. 2:34. 44 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5971>
- Report of the ICES Advisory Committee. 2020 c. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 25–29 and 32, excluding the Gulf of Riga (central Baltic Sea). ICES Advice 2020, her.27.25–2932. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5828>.
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). 2020 d. ICES Scientific Reports. 1:37. 79 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7679>
- Report of the Workshop on age validation studies of small pelagic species (WKVALPEL). 2020 e. ICES Scientific Reports. 2:15. 76 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5966>
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2021 a. ICES Scientific Reports. 3:53. 717 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8187>
- Report of the ICES Advisory Committee. 2021 b. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 20–24, spring spawners (Skagerrak, Kattegat, and western Baltic). ICES Advice 2021, her 20–24. — her.27.20–24. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7766>
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS; outputs from 2020 meeting). 2021 c. ICES Scientific Reports. 3:02. 539 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7679>
- Shepherd J.G. 1997. Prediction of year-class strength by calibration regression analysis of multiple recruit index series // ICES Journal of Marine Science. Vol. 54. P. 741–752.
- Popiel J. 1958. Differentiation of the biological groups of herring in the Baltic // Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. Vol. 143. P. 114–121.
- Popiel J. 1984. On the biology of the Baltic Herring // Reports of the Sea Fisheries Institute Gdynia. № 19. P. 1–7.
- Sparre P. 1991. Introduction to multispecies virtual population analysis // ICES mar. Sei. Symp., 193. P. 12–21.

REFERENCES

- Amosova V.M., Vasil'eva T.G., Zezera A.S. 2018. Prospects of development of domestic sprat fishery in the Baltic Sea 2025 // Trudy VNIRO. Vol. 171. P. 39–55. (In Russ.).
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A., Vinokur M.L., Shumilova K. Yu. 2017. Biological and hydrological components describing the long-term changes and the current state of cod *Gadus morhua* callarias in the Baltic Sea (Gdansk basin, subdivision ICES26) // Problems of fisheries. Vol. 18. № 1. P. 42–51. (In Russ.).
- Biryukov N.P. 1970. Herring in the Baltic Sea. Kaliningrad: AtlantNIRO. 209 pp. (In Russ.).
- Zezera A.S. 2009. Long-term Changes of the Abiotic Conditions in the Baltic Sea (1975–2007) // Fisheries and Biological

- Research by AtlantNIRO in 2006–2007. Vol. 1. The Baltic Sea and Lagoons. Kaliningrad. P. 6–17. (In Russ.).
- Zezera A.S., Ivanovich V.M. 2011. Changes in climate, abiotic conditions and stocks of the main commercial fish species in the Southeast Baltic in recent decades // Proceedings of XV conf. on fishing oceanology, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician N.M. Knipovich. Kaliningrad: AtlantNIRO Press. P. 123–126. (In Russ.).
- Zezera A.S., Ivanovich V.M., Patokina F.A., Karpushevskiy I.V., Vasilyeva T.G. 2012. Changes in the ecosystem of the Baltic Sea (southeastern part, the Gdansk basin, 26 ICES subdivision) in recent decades // Proceedings of XI conf. of fish forecasting problems, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician N.M. Knipovich. 22–24 may 2012. Murmansk: PINRO Press. P. 28–31. (In Russ.).
- Zezera A.S., Amosova V.M., Patokina F.A., Karpushevskiy I.V., Vasilyeva T.G., Kalinina N.A. 2014. Results of integrated analysis of changes in abiotic conditions and stocks values of main commercial fish species in the Baltic Sea (south-eastern part, the Gdansk Basin, ICES subdivision 26) // Fisheries and Biological Research by AtlantNIRO in 2010–2013. Vol.1. The Baltic Sea and Lagoons. Kaliningrad. Trudy AtlantNIRO. P. 6–19. (In Russ.).
- Karpushevskiy I.V., Zezera A.S., Ivanovich V.M. 2013. Adaptive features of populations pelagic and demersal fish in the spatial and temporal dynamics salinity waters factor of the Baltic Sea // Proceedings of the ZIN RAN. Supplement № 3. SPb. P. 128–135. (In Russ.).
- Karpushevskiy I.V., Konstantinov V.V., Amosova V.M., Zezera A.S., Dmitrieva M.A., Karpushevskaya A.I. Methodological manual for the collection and primary processing of biostatistical materials on fishing vessels in the waters of the southeastern part of the Baltic Sea. Kaliningrad: AtlantNIRO, 2013. 85 pp. (In Russ.).
- Ojaveer E.A. 1987. The Baltic Herrings (biology and fishery). M.: Agropromizdat, 205 pp. (In Russ.).
- Trufanova I.S. 2017 a. Age-length composition and abundance of the autumn-spawning herring *Clupea harengus membras* of the southeast Baltic and its significance for the Russian fishery in 1992–2015 // Trudy AtlantNIRO. New series. Vol. 1, № 2. Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 154–165. (In Russ.).
- Trufanova I.S. 2017 b. Seasonal distribution of the Russian catches and age-length composition of Baltic herring *Clupea harengus membras* in the ICES subdivision 26 of the Baltic Sea in 1992–2015 // Trudy AtlantNIRO. New series. Vol. 1, № 3. Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 91–107. (In Russ.).
- Trufanova I.S. 2018 a. Catch, abundance dynamics, and age structure of the open-sea Baltic herring in the ICES subdivision 26 in 2011–2017 // Trudy VNIRO. V. 171. P. 56–67. (In Russ.).
- Trufanova I.S. 2018 b. Structure of the russian commercial Baltic herring *Clupea harengus membras* catches in the 26th ICES subdivision of the Baltic Sea in 1992–2015 // Problems of fisheries. V. 19. № 2. P. 181–192. (In Russ.).
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A. 2016. Integrated analysis of several biological/hydrological components and cod stomach data in the Gdansk Basin of the Baltic Sea // ICES ASC Handbook, Annual Science Conference (ASC), Riga, Latvia, 19–23 September 2016. ICES CM 2016/F:665. P. 32.
- Aro E. 1989. A review of fish migration patterns in the Baltic // Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. V. 190. P. 72–96.
- Fetter M., Groth B., Kestner D., Wyshinski M. 1992. Guide for the use of Baltic herring otoliths in fisheries studies // Fischerei-Forschung. № 29. P. 18–42.
- Horbowy J., Luzencyk A. 2016. Effects of multispecies and density dependent factors on MSY reference points: Example of the Baltic Sea sprat // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 74. 10.1139/cjfas-2016-0220. R3: 1–27.
- Kompowski A. 1971. The types of otoliths in herring from the Southern Baltic // Prace Morskiego Instytutu Rybackiego. Vol. 16. P. 109–141.
- McCullagh P., Nelder J.A., 1989. Generalized Linear Models, 2nd ed. Chapman & Hall, London. 511 pp.
- MacKenzie B.R., Koster F.W. 2004. Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea // Ecology. V. 85. P. 784–794.
- Popiel J. 1958. Differentiation of the biological groups of herring in the Baltic // Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. Vol. 143. P. 114–121.
- Popiel J. 1984. On the biology of the Baltic Herring // Reports of the Sea Fisheries Institute Gdynia. № 19. P. 1–7.
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2019. ICES Scientific Reports. 1:20. 651 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5949>
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2020 a. ICES Scientific Reports. 2:45. 643 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.6024>
- Report of the Inter-Benchmark Process on Baltic Sprat (*Sprattus sprattus*) and Herring (*Clupea harengus*) (IBPBash). 2020 b. ICES Scientific Reports. 2:34. 44 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5971>
- Report of the ICES Advisory Committee. 2020 c. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 25–29 and 32, excluding the Gulf of Riga (central Baltic Sea). ICES Advice 2020, her.27.25–2932. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5828>.
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). 2020 d. ICES Scientific Reports. 1:37. 79 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7679>
- Report of the Workshop on age validation studies of small pelagic species (WKVALPEL). 2020 e. ICES Scientific Reports. 2:15. 76 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5966>
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2021 a. ICES Scientific Reports. 3:53. 717 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8187>
- Report of the ICES Advisory Committee. 2021 b. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 20–24, spring spawners (Skagerrak, Kattegat, and western Baltic). ICES Advice 2021, her 20–24. – her.27.20–24. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7766>
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS; outputs from 2020 meeting). 2021 c. ICES Scientific Reports. 3:02. 539 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7679>
- Sparre P. 1991. Introduction to multispecies virtual population analysis // ICES mar. Sei. Symp., 193. P. 12–21.

Поступила в редакцию 08.09.2021 г.
Принята после рецензии 17.12.2021 г.