



Водные биологические ресурсы

Динамика запасов тресковых рыб в североатлантическом регионе

А.С. Кровнин, С.П. Мельников

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail: akrovnin@vniro.ru

Цель: исследовать особенности многолетней динамики запасов тресковых рыб в североатлантическом регионе как основы прогнозирования их состояния и устойчивого рыболовства.

Материалы: данные о биомассе нерестового запаса, численности пополнения в возрасте от 0 до 3 лет, коэффициенте выживания рыб в раннем онтогенезе для 11 запасов атлантической трески, 6 запасов атлантической пикши и 4 запасов сайды за период 1946–2020 гг.

Методы: сравнительный анализ полученных временных рядов на основе их статистической обработки.

Новизна работы: в колебаниях численности пополнения северо-восточной арктической трески впервые выявлена 50–60-летняя цикличность, характерная для колебаний индекса атлантической многодекадной осцилляции. Это предполагает наличие связи в долгопериодных колебаниях двух указанных параметров.

Результаты: выявлена существенная межгодовая изменчивость исследуемых характеристик у каждого из рассматриваемых 21 запасов промысловых рыб. Установлены статистически значимые положительные корреляционные связи между изменениями численности пополнения атлантической трески в северо-западной части Атлантики и ее изменениями у атлантической трески, атлантической пикши и сайды в районах Гренландии, Исландии, Северного и Балтийского морей. Изменения численности пополнения трески района Лабрадор и северо-восточной арктической трески Баренцева моря происходят в противофазе.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы для усовершенствования методов среднесрочных и долгосрочных прогнозов вылова тресковых видов рыб в североатлантическом регионе.

Ключевые слова: тресковые, динамика запасов, нерестовая биомасса, численность пополнения, коэффициент выживания.

Dynamics of codfish stocks in the North Atlantic region

Andrey S. Krovnin, Sergey P. Melnikov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružnuy proezd, Moscow, 105187, Russia

Purpose: to investigate the features of the long-term dynamics of codfish stocks in the North Atlantic region as a basis for predicting their state and sustainable fishing (exploitation).

Materials: data on spawning stock biomass, abundance of recruitment at age 0 to 3 years, survival indices at early ontogenesis stage for 11 Atlantic cod stocks, 6 Atlantic haddock stocks, and 4 saithe stocks for the period 1946–2020

Methods: a comparative analysis of the above time series based on their statistical processing.

Novelty: For the first time, a 50–60-year cycle which characterizes the long-term variations of the Atlantic Multidecadal Oscillation index, were revealed in the long-term fluctuations of the Northeast Arctic cod recruitment. This assumes a relationship in the long-term variations of two parameters under consideration.

Results: The significant interannual variability of all characteristics was identified for each of the 21 commercial fish stocks under consideration. Statistically significant positive correlations were found between changes in recruitment abundance of Atlantic cod in the Northwest Atlantic and Atlantic cod, Atlantic haddock, and saithe in the areas of Greenland, Iceland, North and Baltic Seas. Changes in the recruitment abundance of Labrador cod and Northeast Arctic cod in the Barents Sea are opposite.

Practical significance: the results of this work can be used to improve the methods of the medium- range and long-range forecasts of codfish catches in the North Atlantic region.

Keywords: codfishes, stock dynamics, spawning stock biomass, recruitment abundance, survival index.

ВВЕДЕНИЕ

Тресковые рыбы семейства Gadidae являются одними из наиболее массовых и широко распределённых видов в североатлантическом регионе. Такие виды тресковых как атлантическая треска, пикша и сайда принадлежат к традиционным объектам рыболовства для целого ряда государств. По данным

Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых наций (ФАО) ежегодный международный вылов этих видов с середины прошлого столетия составляет 1,5–5,1 млн т.

Динамика уловов тресковых в северной части Атлантического океана демонстрирует значительную межгодовую изменчивость как в целом, так и отдель-

но по видам рыб (рис. 1). Наиболее высокие уловы в объёме 4,1–5,1 млн т отмечались в конце 1960-х – начале 1970-х гг. К началу 2000-х гг. уловы достигли своего минимума в 1,5 млн т, после чего в последнее десятилетие вновь возросли до 2 млн т. Следует отметить, что наблюдаемые изменения в вылове тресковых в указанные периоды носили не линейный характер, когда в отдельные годы отмечались значительные как рост, так и падение уловов.

Общеизвестно, что динамика численности запасов промысловых рыб определяется взаимодействием целого комплекса абиотических, биотических, антропогенных и внутривидовых факторов, без понимания механизма воздействия которых на естественную и промысловую смертность рыб невозможна разработка долгосрочных стратегий управления водными биоресурсами [Schaefer, 1954; Бивертон, Холт, 1969; Кушинг, 1979; Рикер, 1979; Борисов, 1985; Basson, Beddington, 1993; O'Boyle, 1993]. Величина запасов и успешность их пополнения напрямую связаны с процессами формирования численности поколений в раннем онтогенезе [Gulland, 1965; Garrod, 1967; Серебряков и др., 1984; Дехник и др., 1982; Эллертсен и др., 1987]. Естественная смертность рыб в раннем онтогенезе, выступающая в качестве основного регулятора пополнения, крайне велика. Формирование численности поколений в этот период является, по сути, результатом воздействия двух основных факторов – нерестового запаса и условий окружающей среды, в том числе термических. При этом воздействие этих факторов на численность поколений настолько велико, что от одинакового по величине нерестового запаса, пополнение может различаться на порядки [Бондаренко и др., 2003]. Такие различия в пополне-

нии запасов напрямую обуславливают значительные колебания в уловах промысловых рыб и существенно затрудняют возможность прогнозирования рыболовства.

Цель работы – исследование особенностей многолетней динамики запасов тресковых рыб в североатлантическом регионе как основы прогнозирования их состояния и устойчивого рыболовства. Для этого нами для разных запасов атлантической трески, пикши и сайды была проанализирована межгодовая изменчивость нерестовой биомассы, численности пополнения и коэффициентов выживания рыб в раннем онтогенезе, являющихся ключевыми факторами в динамике численности запасов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведены работы по формированию временных рядов биологических параметров, характеризующих многолетние изменения состояния запасов тресковых видов рыб в северной части Атлантического океана. В качестве исходных данных рассматривались численность пополнения запаса, которая для различных популяций оценивалась для возраста от 0 до 3 лет, и биомасса нерестового запаса (БНЗ). В результате сформированы временные ряды по указанным характеристикам для 11 единиц запасов атлантической трески, 6 запасов атлантической пикши и 4 единиц запаса сайды (табл. 1).

Для количественного выражения выживания в раннем онтогенезе был использован предложенный Радовичем [Radovich, 1962] коэффициент выживания (КВ), представляющий собой отношение численности организмов, доживших до определённого возраста, к числу рождённых организмов. Коэффициент выжи-

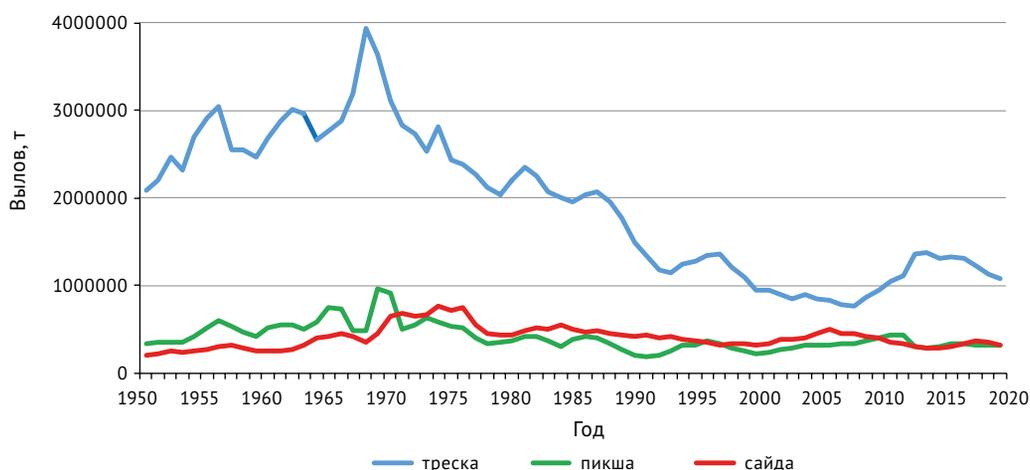


Рис. 1. Международный вылов атлантической трески, пикши и сайды в 1950–2020 гг.
Fig. 1. International catch of Atlantic cod, haddock and saithe in 1950–2020

Таблица 1. Единицы запасов атлантической трески, пикши и сайды, используемые при анализе динамики их пополнения в 1946–2021 гг.

Table 1. Stock units of Atlantic cod, haddock and saithe used for analysis of their recruitment dynamics in 1946–2021

Запас	Район	Период	Источник данных
<i>Атлантическая треска</i>			
Северо-восточная арктическая треска	районы ИКЕС 1 и 2	1946–2020 гг.	ICES, 2021 a
Треска Северного моря	подрайоны ИКЕС 7.d и 20	1963–2020 гг.	ICES, 2021 b
Восточно-балтийская треска	подрайоны ИКЕС 24–32	1946–2021 гг.	ICES, 2021 c
Западно-балтийская треска	подрайоны ИКЕС 22–24	1983–2021 гг.	ICES, 2021 d
Треска Фарерского плато	подрайон ИКЕС 5.b1	1959–2020 гг.	ICES, 2021 e
Исландская треска	подрайон ИКЕС 5.a	1953–2020 гг.	ICES, 2021 e
Гренландская треска	подрайоны НАФО 1F и ИКЕС 14.b	1973–2019	ICES, 2021 e
Лабрадорская треска	районы НАФО 2J3KL	1978–2019 гг.	DFO, 2019 a
Треска Большой Ньюфаундлендской банки	подрайон НАФО 3NO	1959–2018 гг.	Rideout, Rogers, Ings, 2018
Треска банки Флемиш-Кап	подрайон НАФО 3M	1972–2017 гг.	Gonzalez-Troncoso et al., 2020
Треска шельфа Новой Скотии и залива Мэн	подрайоны НАФО 4X5Y	1983–2018 гг.	DFO, 2019 b
<i>Пикша</i>			
Северо-восточная арктическая пикша	районы ИКЕС 1 и 2	1950–2021 гг.	ICES, 2021 f
североморская пикша	подрайоны ИКЕС 4, 6.a и 20	1972–2021 гг.	ICES, 2021 g
Пикша Ирландского моря	подрайон ИКЕС 7.a	1993–2020 гг.	ICES, 2021 h
Пикша южных частей Кельтского моря и пролива Ла-Манш	подрайоны ИКЕС 7.b-k;	1993–2021 гг.	ICES, 2021 i
Фарерская пикша	подрайон ИКЕС 5.b	1957–2021 гг.	ICES, 2021 j
Исландская пикша	подрайон ИКЕС 5.a	1979–2020 гг.	ICES, 2021 k
<i>Сайда</i>			
Северо-восточная арктическая сайда	районы ИКЕС 1 и 2	1960–2021 гг.	ICES, 2021 l
Сайда Северного моря	подрайоны ИКЕС 4, 6 и 3a	1972–2021 гг.	ICES, 2021 m
Сайда Фарерских островов	подрайон ИКЕС 5.b	1961–2021 гг.	ICES, 2021 n
Сайда Исландии	подрайон ИКЕС 5.a	1960–2021 гг.	ICES, 2021 o

вания представляется более адекватным показателем успешности развития рыб в раннем онтогенезе, чем просто численность поколения [Бондаренко и др., 2003]. Для промысловых рыб коэффициент выживания может быть рассчитан как отношение численности поколения либо к общему количеству выметанной икры в год его рождения, либо к биомассе нерестового запаса. В последнем случае КВ представляет собой число рыб, выживших от одной тонны нерестового запаса. В работе коэффициенты выживания тресковых рыб определены как отношение численности пополнения запаса к биомассе нерестового запаса в год рождения поколения. При этом все временные ряды численности пополнения были смещены к году нереста, т. е. от 0 до 3 лет назад в зависимости от ка-

ждой конкретной популяции. Поэтому большинство полученных временных рядов КВ оказались короче исходных рядов численности пополнения и БНЗ на 1–3 года.

Поскольку численность пополнения, БНЗ и КВ измеряются в различных единицах, а их численные значения могут различаться на несколько порядков, поэтому для более наглядного представления и удобства сравнения временные ряды всех трёх характеристик были стандартизированы (значения рядов смещены на среднее и масштабированы на среднеквадратическое отклонение соответствующего ряда).

Атлантическая многодекадная осцилляция (АМО) представляет собой ведущую моду изменчивости аномалий температуры поверхности океана (АТПО)

в Северной Атлантике. Её индекс рассчитывается как АТПО, усреднённое по акватории океана от экватора до 70° с. ш. после удаления линейного тренда. Среднемесячные значения индекса АМО были взяты с сайта Лаборатории Физических Наук Национальной Администрации по Исследованию Океана и Атмосферы США [PSL, 2022¹].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Атлантическая треска. Крупнейшей по биомассе запаса (4,0–4,5 млн т) в североатлантическом регионе является популяция северо-восточной арктической трески (СВАТ). Рис. 2 а характеризует изменения численности пополнения, БНЗ и КВ этой популяции в период 1946–2020 гг. До 2009 гг. наблюдались относительно небольшие колебания БНЗ, не превышавшие стандартного отклонения ($\pm\sigma$). С 2010 г. отмечался значительный рост БНЗ с максимумом в 2013 г., после чего началось её снижение, продолжающееся до настоящего времени. Многолетние изменения численности пополнения СВАТ в возрасте 3 года и КВ обладают значительным сходством, что, скорее всего, связано с отмеченными выше незначительными межгодовыми изменениями БНЗ в 1946–2009 гг. Максимальные значения обеих характеристик ($>2\sigma$)

отмечались в 1948–1950, 1958, 1963, 1970–1971 гг. Они, как правило, сопровождались некоторым подъёмом БНЗ (и общей биомассы) запаса спустя 3–4 года. Однако это увеличение биомассы не было столь значительным как во второй половине 2010-х гг., когда численность пополнения и коэффициенты выживания поколений СВАТ были, в основном, ниже их средних значений, за исключением 2011 и 2014 гг. Рост БНЗ в указанный период определялся не условиями среды, а стал результатом искусственного снижения ОДУ трески. Как следствие, в настоящее время возрастной состав запаса заметно сдвинулся в сторону рыб старших возрастов, что обуславливает высокий уровень каннибализма и, соответственно, относительно низкую численность пополнения в возрасте 3 года. При этом, следует отметить, до 1995 г. урожайные поколения СВАТ появлялись только при биомассе нерестового запаса менее 1,2 млн т.

Вторая по численности и биомассе популяция трески в морях Европейского бассейна представлена треской Северного моря. Максимальные величины её БНЗ регистрировались во второй половине 1960-х гг. – первой половине 1970-х гг. (рис. 2б). Начиная с 1985 г. и до настоящего времени биомасса запаса ниже среднегодовой, но не выходит за пре-

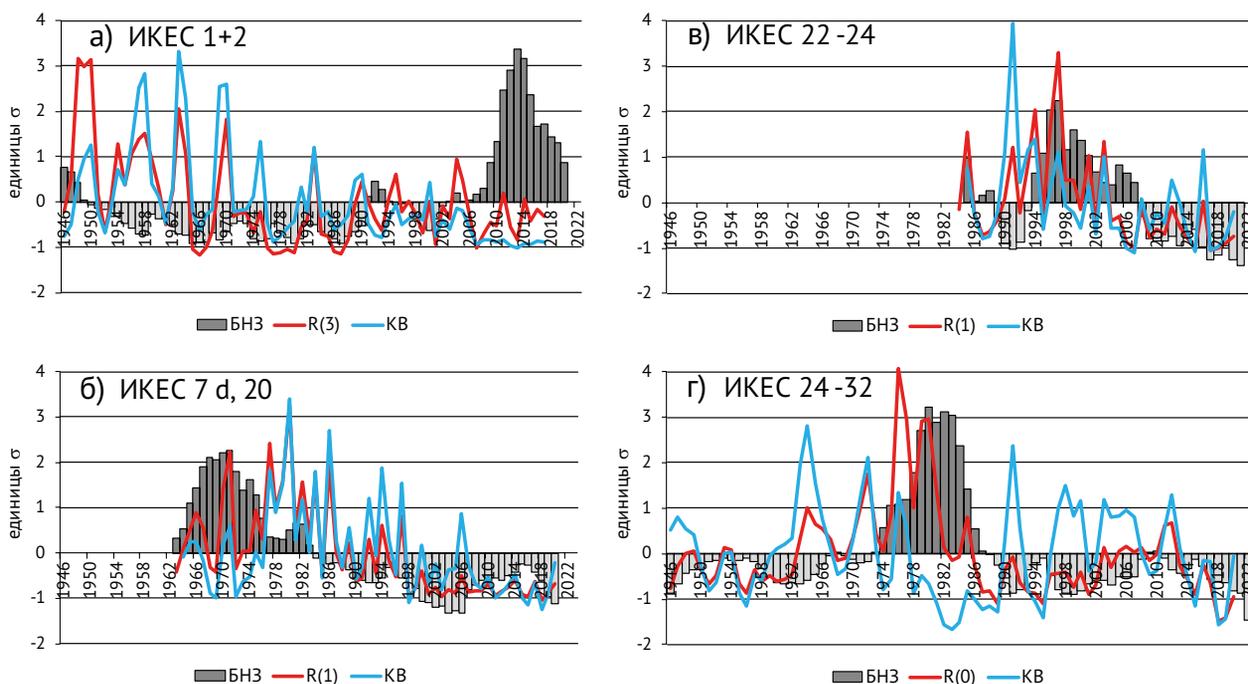


Рис. 2. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и КВ северо-восточной арктической трески (а), трески Северного моря (б), западно-балтийской (в) и восточно-балтийской трески (г) в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)

Fig. 2. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Northeast Arctic cod (а), North Sea cod (б), West Baltic (c) and East Baltic (d) cod in units of standard deviation (σ)

¹ PSL – Physical Sciences Laboratory Access mode: <https://psl.noaa.gov/data/timeseries/AMO/05.12.2022>.

дели минус σ . Пики численности пополнения и КВ у североморской трески отмечались в 1970, 1976, 1979, 1983 и 1985 гг. Однако, в целом, после 1979 г. наблюдается тенденция к снижению значений обеих характеристик. На протяжении последних 20 лет отмечаются лишь небольшие межгодовые колебания численности пополнения и коэффициента выживания в пределах от минус $0,7\sigma$ до минус $1,3\sigma$.

Треска Балтийского моря является значимым объектом российского промысла. В 1995–2007 гг. БНЗ западно-балтийской трески была на уровне выше среднееголетнего в период с максимумом в 1997–1998 гг. (рис. 2в). Пиковые значения численного поколения и КВ у этого запаса наблюдались в 1985, 1991, 1994 и 1997 гг. В первые два десятилетия XXI века БНЗ уровень пополнения и выживаемость поколений были ниже их среднееголетних значений.

Следует отметить значительные различия в характере многолетних колебаний биологических характеристик популяций восточно-балтийской и западно-балтийской трески. Максимум БНЗ у трески восточной части моря наблюдался в 1979–1983 гг., после чего началось её снижение до уровня ниже среднееголетнего с 1987 г. до настоящего времени, несмотря на хорошие условия для выживания поколений 1991, 1998–2000, 2003–2007 и 2012 гг. рождения (рис. 2 г). Более того, во второй половине 2010-х гг. у восточно-балтийской трески произошло заметное снижение уровня пополнения и значений КВ.

На рис. 3 представлены изменения биомассы нерестового запаса, численности пополнения и коэффициентов выживания для популяций атлантической трески, обитающих в районах, подверженных значительному влиянию климато-океанологических условий открытой части Северной Атлантики. У трески Фарерского плато БНЗ была на уровне выше среднееголетнего на протяжении периода с середины 1960-х гг. до середины 1980 гг. с максимальными значениями в 1976–1978 гг. и 1983–1984 гг. (рис. 3а). Положительные аномалии БНЗ отмечались также в 1995–2003 гг. После 1994 г. наметился общий отрицательный тренд в изменениях численности пополнения и КВ трески, в результате чего на протяжении последних 20 лет величины БНЗ были ниже среднееголетнего значения, незначительно меняясь в пределах от минус $1,2\sigma$ до минус σ , несмотря на хорошие условия для выживания близких по численности к средним поколениям 2009, 2013 и 2017 гг. рождения. Следует отметить, что указанные выше максимумы БНЗ фарерской трески явились следствием высокой численности пополнения и хорошей выживаемости поколений 1966, 1973–1974, 1983 и 1994 гг. рождения.

Наибольшие значения БНЗ исландской трески наблюдались в 1955–1960 гг. (рис. 3б). В эти годы появилось лишь одно урожайное поколение 1956 г. рождения, однако условия его выживания оказались неблагоприятными, и в начале 1960-х гг. произошло снижение БНЗ. Урожайное поколение 1964 г. и выше среднего поколение 1966 г. с близкими к средним условиями их выживания обусловили некоторую стабилизацию уровня БНЗ в 1969–1971 гг. В последующие годы вплоть до начала 2000-х гг. биомасса исландской трески была ниже среднееголетнего уровня, со слабо выраженными межгодовыми колебаниями в пределах минус одной σ , несмотря на благоприятные условия выживания и появление средних по численно-

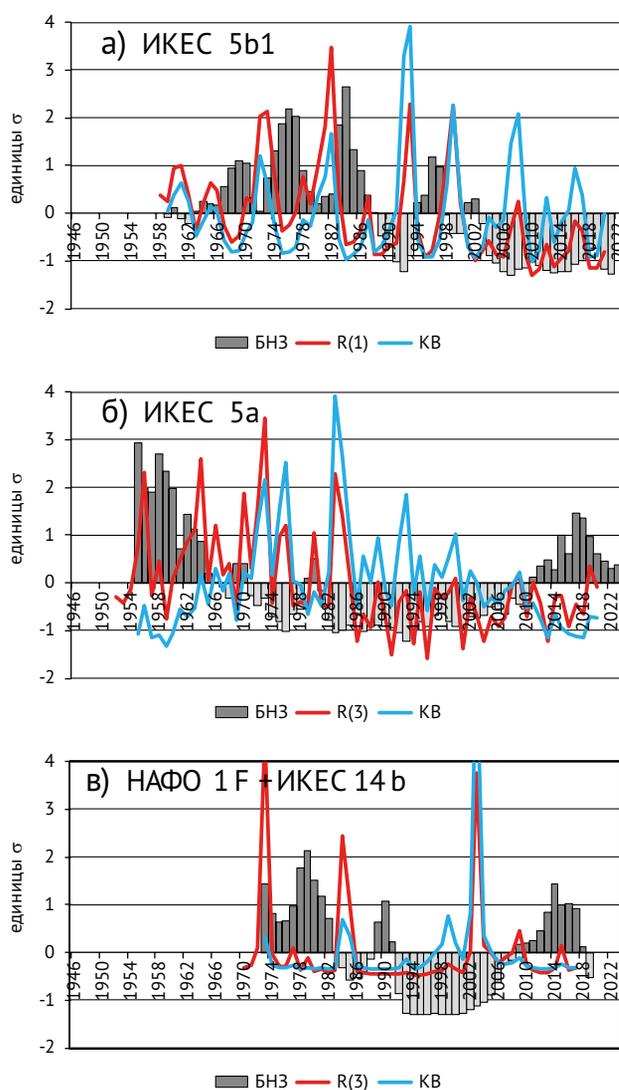


Рис. 3. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и КВ трески Фарерского плато (а), исландской (б) и гренландской (в) трески в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)

Fig. 3. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Faroe Plateau cod (а), Icelandic cod (б) and Greenland cod (с) in units of standard deviation (σ)

сти поколений в отдельные годы (1983, 1989, 1993 гг.). В то же время повышение численности пополнения и коэффициента выживания до среднемноголетних значений, т. е. появление средних по численности поколений трески, в 2003–2010 гг. способствовало росту БНЗ в 2010-х гг. с максимумом в 2017–2018 гг.

У гренландской трески в период 1973–2019 гг. появились три урожайных и сверхурожайных поколения – в 1973, 1984 и 2003 гг. (рис. 3в). Они в значительной степени обусловили повышенный уровень БНЗ, соответственно, в 1978–1982, 1989–1991 и 2009–2016 гг. Свой вклад в повышенную относительно нормы БНЗ в последний период внесли также средние по численности поколения гренландской трески 2005–2010 гг.

Рис. 4 демонстрирует многолетние изменения биомассы нерестового запаса, численности пополнения и коэффициентов выживания четырёх единиц запаса атлантической трески в северо-западной части Атлантического океана.

Высокая БНЗ лабродорской трески в 1980-е гг. поддерживалась за счёт сверхурожайного поколения 1981 г. (рис. 4 а). С начала 1990-х гг. и вплоть до 2005 гг. уровень БНЗ и численности пополнения был

ниже среднемноголетнего со слабо выраженными межгодовыми колебаниями, несмотря на благоприятные условия для выживания поколений в 1997–2005 гг. Появление близких к среднеурожайным поколений 2006–2013 гг. обусловило довольно резкий рост биомассы нерестового запаса лабродорской трески в 2014–2019 гг.

БНЗ трески Большой Ньюфаундлендской банки находилась на высоком уровне в 1959–1974 гг. и 1981–1987 гг. (рис. 4 б). Первый максимум в некоторой степени связан с высокоурожайным поколением 1963 г. и очень благоприятными условиями его выживания, а второй – со среднеурожайными поколениями 1975–1980 гг. и благоприятными условиями их выживания. В период с 1991 по 2018 гг. уровень пополнения оставался стабильно ниже среднего, что, вероятно, обусловило и относительно низкий уровень БНЗ (до минус одной σ).

На расположенной южнее банке Флемиш-Кап характер многолетних изменений БНЗ, численности пополнения и КВ локальной популяции трески значительно отличался от такового на Большой Ньюфаундлендской банке (рис. 4 в). В 1972–1995 гг. БНЗ варьировал в пределах среднемноголетнего уров-

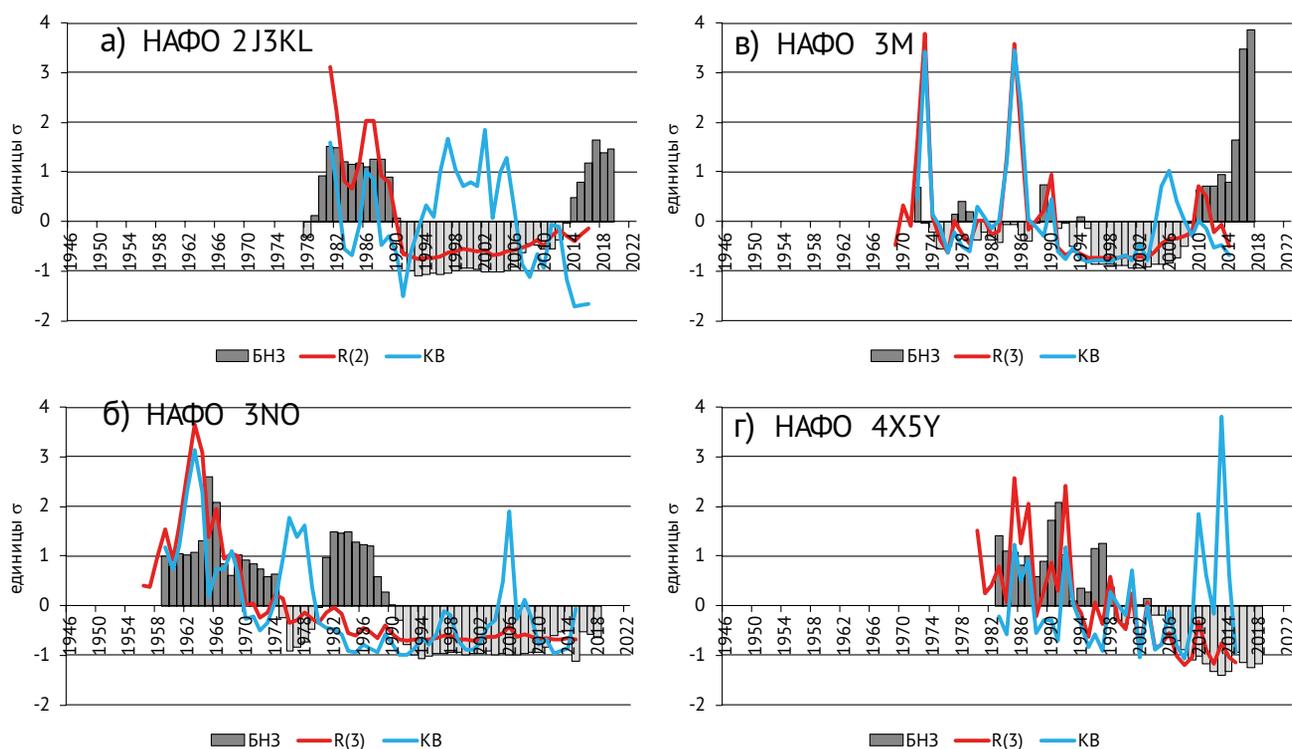


Рис. 4. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и КВ лабродорской трески (а), трески Большой Ньюфаундлендской банки (б), банки Флемиш-Кап (в) и трески шельфа Новой Шотландии и залива Мэн (г) в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)

Fig. 4. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Labrador cod (а), Grand Banks cod (б), Flemish Cap cod (с), and cod of Nova Scotia shelf and Gulf of Maine (d) in units of standard deviation (σ)

ня с небольшими максимумами в 1973, 1977–1979 и 1989–1990 гг. Два последних максимума, очевидно, связаны с ярко выраженными пиками численности пополнения и КВ, соответственно, в 1973 и 1985 гг. С 2010 г. наблюдается рост БНЗ трески с максимумом в 2017 г. Этот рост может быть связан с тенденцией к увеличению численности пополнения и улучшению условий его выживания, начиная с 2004 г.

Для трески шельфа Новой Шотландии и залива Мэн чётко выделяются два периода, первый из которых (1983–1997 гг.) характеризуется высоким уровнем БНЗ, а второй (1999–2018 гг.) – уровнем ниже среднееголетнего (рис. 4 г). Максимумам БНЗ в 1991 и 1997 гг. предшествовали урожайные поколения трески 1985 и 1992 гг. рождения. После 1998 г. численность пополнения трески шельфа Новой Шотландии и залива Мэн постоянно снижалась, даже несмотря на благоприятные условия для выживания урожайного поколения 2010 г. и высокоурожайного поколения 2013 г.

Атлантическая пикша. На рис. 5 представлены изменения БНЗ, численности пополнения и коэффициентов выживания для двух популяций атлантической пикши, обитающих в североатлантическом бассейне.

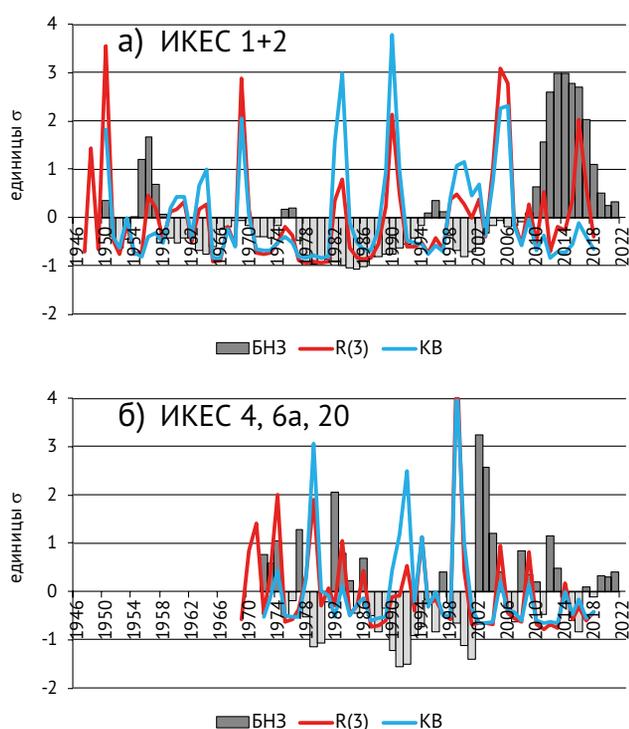


Рис. 5. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и КВ северо-восточной арктической пикши (а) и пикши Северного моря (б) в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)

Fig. 5. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Northeast Arctic haddock (a) and North Sea haddock (b) in units of standard deviation (σ)

Многолетние колебания всех трёх рассматриваемых параметров у северо-восточной арктической трески сходны с их изменениями у СВАТ (рис. 5 а). Высокая численность пополнения и благоприятные условия его выживания в 1950 г. обусловили рост БНЗ в 1955–1956 гг. Однако, как и у трески, на протяжении большей части рассматриваемого периода (1950–2021 гг.) наблюдались слабо выраженные межгодовые колебания биомассы пикши в пределах минус σ . На их фоне выделялись отдельные максимумы численности пополнения и КВ, отмечавшиеся в 1964, 1969, 1983, 1990 и 2005 гг. Такие отдельные высокоурожайные поколения пикши, по-видимому, способствовали поддержанию уровня БНЗ (и общей биомассы) на уровне чуть ниже среднего и предотвращали коллапс популяции. Как и у СВАТ, наибольшие величины БНЗ северо-восточной арктической пикши наблюдались во второй половине 2010-х гг. с максимумом в 2013 г. Начиная с 2017 г., биомасса нерестового запаса довольно резко снижается, несмотря на высокую численность пополнения поколения 2016 года рождения. Однако, как видно из рис. 5а, условия его выживания были неблагоприятными.

Характер изменений БНЗ, численности пополнения и КВ пикши Северного моря значительно отличается от характера их изменений у североморской трески (рис. 5 б). БНЗ была преимущественно выше среднееголетнего уровня в 1972–1985 гг. и 2002–2021 гг. Её максимальные значения наблюдались в 2002–2003 гг. Пики в колебаниях численности пополнения отмечались в 1971, 1974, 1979 и 1999 гг. Меньшие по величине максимумы регистрировались в 2005 и 2009 гг.

На рис. 6 а и 6 б представлены изменения биомассы нерестового запаса, численности пополнения и коэффициентов выживания для двух смежных популяций пикши, населяющих воды, соответственно, к востоку и юго-востоку от Ирландии. У обеих популяций повышенная относительно среднееголетнего уровня БНЗ наблюдалась во второй половине 2010-х гг. Однако, если у более северной (Ирландское море) популяции пикши её максимум отмечен в 2017–2018 гг., то на юге Кельтского моря и в южной части пролива Ла-Манш прослеживаются два пиковых значения БНЗ: в 2011 и 2020–2021 гг. Максимумы пополнения и КВ у более северной популяции пикши были достигнуты в 1996 и 2013 гг., а у южной – в 2002 и 2009 гг.

В период 1957–1974 гг. биомасса нерестового запаса фарерской пикши была близка к норме (рис. 6 в). В 1975–1988 гг. и 1997–2005 гг. она находилась на высоком уровне с максимумами, соответственно,

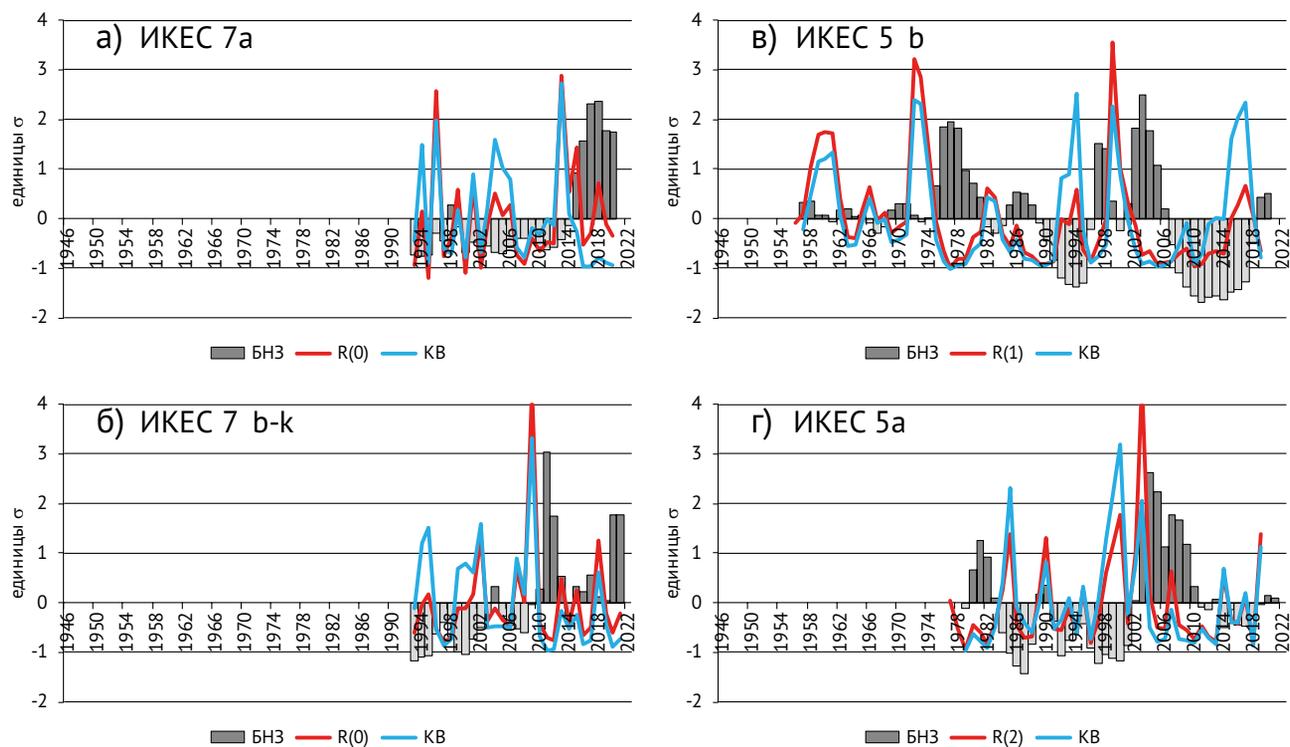


Рис. 6. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и KB пикши Ирландского моря (а), пикши южных частей Кельтского моря и пролива Ла-Манш (б), фарерской пикши (в) и исландской пикши (г) в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)
Fig. 6. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Ireland Sea haddock (a), haddock of southern Celtic Sea and English Channel (b), Faroe haddock (c), and Icelandic haddock (d) in units of standard deviation (σ)

в 1976–1978 гг. и 2002–2004 гг. Существенное снижение БНЗ этой популяции произошло около 2010 г. Низкий уровень сохранялся до конца 2010-х гг., когда она вновь увеличилась до среднеевропейского значения. Максимумы численности пополнения фарерской пикши отмечены в 1960–1961, 1972–1973, 1994, 1999 и 2017 гг. В эти же годы, как правило, KB поколений были высокими.

У исландской пикши наиболее высокая биомасса нерестового запаса отмечалась в период 2003–2009 гг. (рис. 6 г). Ещё один, меньший по величине, максимум БНЗ отмечен в начале 1980-х гг. С 2010 г. по настоящее время биомасса запаса близка к среднеевропейской. Поколения исландской пикши с высокой численностью и благоприятными условиями выживания появились в 1985, 2000, 2005 и 2019 гг.

Атлантическая сайда. Запас северо-восточной арктической сайды находился на высоком уровне в 1960–1974, 2002–2008 и 2018–2021 гг. (рис. 7 а). В 1960, 1962 и 1966 гг. появились выше среднеевропейского по численности поколения сайды, но условия их выживания были довольно неблагоприятными, что с большой вероятностью способствовало снижению БНЗ этой популяции с конца 1970-х гг. до минимума в 1986–1988 гг. Поколения 1989, 1992, 1999

и 2002 гг. также были выше среднеевропейского по численности, а условия для их выживания оказались гораздо лучше, чем в 1960-е гг. Это стало одной из причин роста запаса со второй половины 1990-х гг. до максимума в 2005–2007 гг. Некоторое увеличение БНЗ в последние годы связано с появлением средних по численности поколений 2013 и 2016 гг.

Многолетние изменения БНЗ сайды Северного моря обладают значительным сходством с аналогичными изменениями у североморской трески (рис. 2 б, 7 б). Её уровень у североморской сайды был выше среднего в период с 1967 г. до конца 1970-х гг. с максимумом в середине 1970-х гг. С начала 1980-х гг. до настоящего времени биомасса этого запаса трески преимущественно ниже среднеевропейской, но, в целом, не выходит за пределы минус σ . Пики численности пополнения и KB у североморской сайды отмечались в 1967, 1973, 1990 и 1993 гг. Однако, в целом, после 1982 г. наблюдается отрицательный тренд в изменениях численности пополнения сайды Северного моря.

У фарерской сайды период высокой БНЗ отмечался с 1965 по 1980 гг. с наиболее высокими значениями в 1973–1975 гг. (рис. 7 в). Следующий максимум биомассы нерестового запаса популяции сформировался

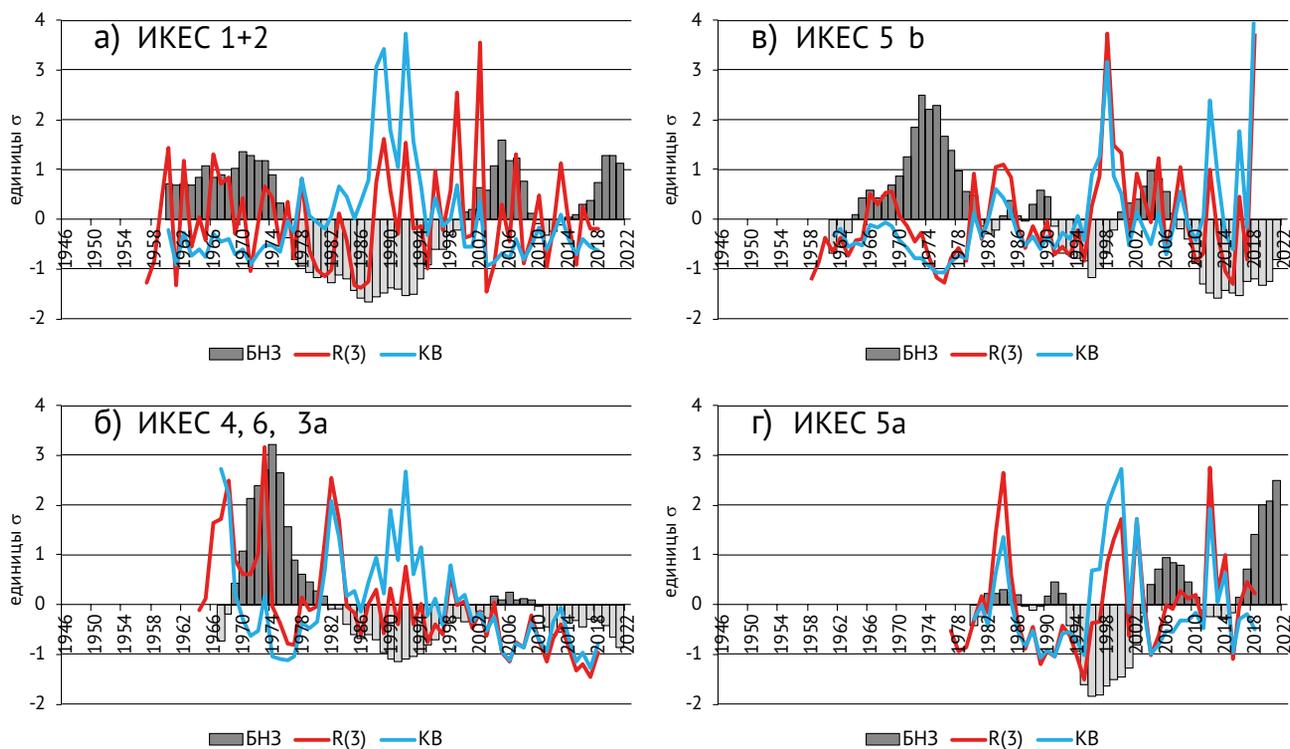


Рис. 7. Изменения БНЗ, численности пополнения (R) и КВ северо-восточной арктической сайды (а), сайды Северного моря (б), фарерской сайды (в) и исландской сайды (г) в единицах среднеквадратичного отклонения (σ)

Fig. 7. Changes in spawning stock biomass, recruitment and survival indices of Northeast Arctic saithe (a), North Sea saithe (b), Faroe saithe (c), and Icelandic saithe (d) in units of standard deviation (σ)

в 2003–2005 гг., как результат появления среднелетнего по численности поколения 1998 г. С 2006 г. БНЗ начала снижаться и до настоящего времени находится на уровне ниже среднего. Высокая численность пополнения фарерской сайды в 2018 г. даёт надежду на рост БНЗ в первой половине 2020-х гг.

У исландской сайды биомасса нерестового запаса была близка к средней с 1980 по 1991 гг. (рис. 7 г). На протяжении последующих 11 лет её БНЗ находилась на низком уровне, вероятно, вследствие появления поколений относительно низкой численности в 1986–1995 гг. Выше среднелетнего по численности поколения исландской сайды 1998–2000 гг. рождения обусловили рост её БНЗ в 2004–2009 гг., а поколения 2012 и 2014 гг. – в 2017–2021 гг.

В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции между временными рядами численности пополнения тресковых рыб в североатлантическом регионе в период 1984–2015 гг. Указанный период выбран с учётом в анализе максимального количества рассматриваемых в работе популяций трески, пикши и сайды. Всего для подсчёта корреляций использованы 19 временных рядов из их общего количества в 21 временной ряд. В приведённой ниже таблице показаны только те ряды и столбцы, в которых хотя бы один

коэффициент корреляции статистически значим при $p < 0,10$.

Как видно из табл. 1, высокими положительными коэффициентами корреляции (до $r = 0,67$) характеризуются многолетние колебания численности пополнения различных популяций трески в СЗА. Интересно, что изменения численности пополнения лабрадорской трески (районы НАФО 2J3KL) и северо-восточной арктической трески (Баренцево море, районы ИКЕС 1+2) происходят в противофазе ($r = -0,48$). Можно отметить и высокие положительные корреляции между изменениями численности пополнения трески в различных районах СЗА и её изменениями у трески, пикши и сайды в районе Гренландии, Исландии, Северного и даже Балтийского моря.

Максимальный положительный коэффициент корреляции ($r = 0,81$) характеризует сопряжённость многолетних колебаний численности пополнения фарерской пикши и пикши Северного моря.

Все полученные статистически значимые корреляционные связи характеризуют биологические дальние связи в океане, и их анализ является целью дальнейших исследований.

Для северо-восточной арктической трески данные по численности пополнения в возрасте 3 года

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между временными рядами численности пополнения тресковых рыб Северной Атлантики в период 1984–2015 гг. Красным (светло-красным) и синим (голубым) цветом выделены коэффициенты с уровнем значимости $p < 0,05$ и $p < 0,10$

Table 2. Correlation coefficients between time series of the North Atlantic codfish recruitment in 1984–2015. Positive and negative coefficients with significance level $p < 0.05$ ($p < 0.10$) are indicated by red (light red) and blue (light blue) color, respectively

РАЙОНЫ	ТРЕСКА					ПИКША				САЙДА			
	НАФО 4Х5У	НАФО 3НО	НАФО 3М	ИКЕС 5.а	Северное море	ИКЕС 24–32	ИКЕС 22–24	ИКЕС 1–2	ИКЕС 5.б	Северное море	ИКЕС 5.а	ИКЕС 5.а	Северное море
НАФО 2J3KL	0,54	0,57	0,67	0,12	0,35	0,03	-0,20	-0,48	-0,14	-0,13	-0,10	0,00	0,12
4Х5У		0,22	0,48	-0,05	0,57	-0,06	0,27	-0,29	0,04	0,03	0,09	-0,18	0,54
3М				0,25	0,52	0,48	-0,03	-0,28	-0,20	-0,12	0,04	0,13	0,02
НАФО 1F ИКЕС 14b				0,37	0,01	0,33	0,12	-0,11	-0,08	-0,10	0,66	0,30	-0,04
ИКЕС 5.а					-0,13	0,13	-0,15	-0,04	0,13	0,04	0,24	0,49	0,02
ИКЕС 5b.1					0,17	-0,27	0,24	-0,24	0,65	0,50	0,10	0,10	0,41
Северное море						0,11	0,40	-0,23	-0,01	0,09	-0,05	-0,14	0,24
ИКЕС 24–32							-0,01	-0,06	-0,34	-0,17	0,11	0,40	-0,28
ИКЕС 22–24								0,08	0,18	0,12	0,16	-0,09	0,17
Пикша ИКЕС 5.б										0,81	0,20	0,28	0,31
Сайда ИКЕС 5.б												0,56	0,40

имелись за период с 1910 по 1945 гг. [Høyen, Nakken, Nedreaas, 2008]. С учётом данных Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству [ICES, 2021 а]¹ нами были проанализированы изменения численности пополнения СВАО в возрасте 3 года в период с 1910 по 2020 гг. (рис. 8). Периоды высокой численности

наблюдались в 1940-х – 1960-х гг. и 1990-х – 2010-х гг., т. е. с некоторой вероятностью можно говорить о наличии 50–60-летнего периода в колебаниях численности пополнения СВАО. Аналогичной периодичностью характеризуются изменения индекса атлантической многодекадной осцилляции (АМО). Поз-

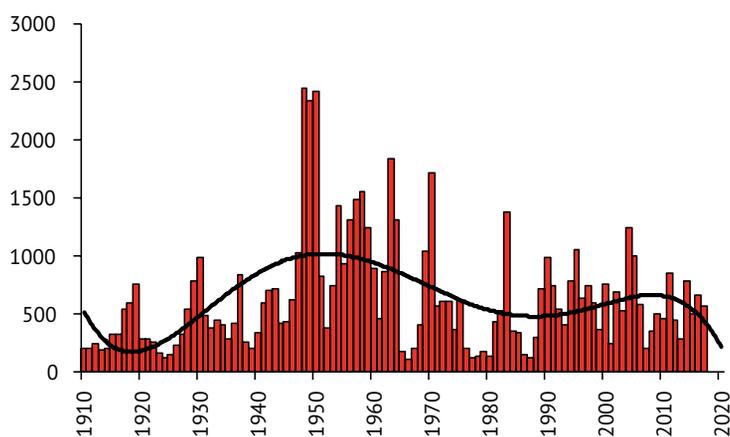


Рис. 8. Численность пополнения северо-восточной арктической трески (тыс. экз.) в возрасте 3 года в период 1910–2020 гг. Временной ряд численности пополнения смещён к году нереста. Чёрной линией показан полиномиальный тренд 5-й степени

Fig. 8. Recruitment of Northeast Arctic cod (thousands of individuals) at age 3 years in 1910–2020. Time series of recruitment is shifted to the spawning year. Black line shows the 5th degree polynomial trend

тому можно предполагать наличие связи между долгопериодными колебаниями этих двух характеристик.

Действительно, для северо-восточной арктической трески установлена статистически значимая связь между изменениями среднегодового индекса атлантической многодекадной осцилляции (АМО) и её пополнением в возрасте 3 года со сдвигом в 5 лет ($r = 0,71$) (рис. 9).

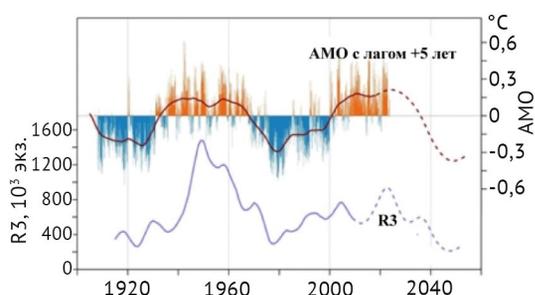


Рис. 9. Связь между изменениями среднегодового индекса АМО и пополнения СВАО в возрасте 3 года (R3). Индекс АМО опережает R3 на 5 лет. Оба ряда сглажены 11-летним скользящим осреднением. Пунктирными линиями показан прогноз изменения индекса АМО и численности пополнения трески на период до 2050 г.

Fig. 9. Association between changes in mean annual index of Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) and Northeast Arctic cod recruitment at age of 3 years (R3). The AMO index leads R3 by 5 years. Both time series are smoothed by 11-year running means. Dashed lines show forecast of changes of the AMO index and cod recruitment for the period up to 2050

Из рис. 9 видно, что после 2025–2030 гг. ожидается заметное снижение численности пополнения северо-восточной арктической трески. Однако выявление связей между биологическими параметрами популяций СВАО и других тресковых рыб Северной Атлантики и климато-океанологическими характеристиками североатлантического бассейна является предметом дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ динамики запасов основных видов тресковых рыб в североатлантическом регионе со второй половины XX века по настоящее время выявил существенную межгодовую изменчивость нерестовой биомассы, численности пополнения и коэффициентов выживания рыб в раннем онтогенезе у всех из 21 рассматриваемых популяций.

Установлены статистически значимые положительные корреляционные связи между изменениями численности пополнения атлантической трески в СЗА и её изменениями у атлантической трески, атлантической пикши и сайды в районах Гренландии, Исландии,

Северного и Балтийского морей. Изменения численности пополнения трески района Лабрадор и северо-восточной арктической трески Баренцева моря происходят в противофазе.

Выявленная 50–60-летняя цикличность в колебаниях численности пополнения северо-восточной арктической трески хорошо согласуется с периодичностью изменения индекса АМО, что предполагает наличие связи в долгопериодных колебаниях этих двух характеристик. Статистически значимая связь между изменениями среднегодового индекса АМО и пополнением в возрасте 3 года со сдвигом в 5 лет позволяет предположить заметное снижение численности пополнения этого вида трески после 2025–2030 гг.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Бивертон Р., Холт С. 1969. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пищевая промышленность. 248 с. (Beverton R.J.H., Holt S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationery Office. London).
- Бондаренко М.В., Кровнин А.С., Серебряков В.П. 2003. Ранжирование урожайности поколений и коэффициентов выживания поколений в раннем онтогенезе рыб Баренцева моря для определения биологических ориентиров и оценки изменчивости среды. М.: Изд-во ВНИРО. 187 с.
- Борисов В.М. 1985. Естественная смертность как фактор динамики численности промысловых популяций рыб // Теория формирования численности стад промысловых рыб. М.: Наука. 216 с.
- Дехник Т.В., Серебряков В.П., Соин С.Г. 1982. Значение ранних стадий развития в формировании численности поколений // Всесоюз. конф. по теории формирования численности и рационального использования стад промысловых рыб: Тез. докл. М. С. 34–38.
- Кушинг Д.Х. 1979. Морская экология и рыболовство. М.: Пищевая промышленность. 288 с. (Cushing, D.H. 1975. Marine ecology and fisheries. Cambridge etc. London).
- Рикер У. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяции рыб. М.: Пищевая промышленность. 408 с. (Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada. V. 191).
- Серебряков В.П., Борисов В.М., Алдонов В.К. 1984. Популяционная плодовитость и урожайность поколений

- аркто-норвежской трески // Сб. докл. первого советско-норвежского симпозиума. М.: ВНИРО. С. 240–260.
- Basson M., Beddington J.R. 1993. Risks and uncertainties in the management of a single-cohort squid fishery: the Falkland Islands *Illex* fishery as an example // Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. / Smith J.S., Hunt J.J., Rivard D., (eds) Canadian Special publication of Fish. Aquatic Sci. P. 253–260.
- DFO. 2019 a. Stock assessment of Northern Cod (NAFO Divs.2J3KL) in 2019. DFO CSAS Sci. Advis. Rep. 2019/050. 20 pp.
- DFO. 2019 b. Stock Assessment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in NAFO Divisions 4X5Y. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/015. 19 p.
- Ellertsen B., Fossum P., Solemdal P., Sundby S., Tilsseth S. 1987. The effect of biological and physical factors on the survival of Arcto-Norwegian cod and the influence on recruitment variability // Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium. Inst. of Marine Research. Bergen. P. 101–126.
- Garrod D.J. 1967. Population dynamics of the Arcto-Norwegian cod. // J. Fish. Res. Bull. V. 23(1). P. 145–190.
- Gulland J.A. 1965. Survival of the youngest stages of fish and its relation to year-class strength // ICNAF. Environmental Symposium, Special Publication. Rome. № 6. P. 363–371.
- Hyllen A., Nakken O., Nedreaas K. 2008. Northeast Arctic cod: fisheries, life history, fluctuations and management // Norwegian spring-spawning herring and Northeast Arctic cod – 100 years of research and management. / O.Nakken (ed.) Tapir Academic Press. Trondheim. P. 83–118.
- ICES. 2021 a. Cod (*Gadus morhua*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7741>.
- ICES. 2021 b. Cod (*Gadus morhua*) in Subarea 4, Division 7.d, and Subdivision 20 (North Sea, eastern English Channel, Skagerrak). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.47d20. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7746>.
- ICES. 2021 c. Cod (*Gadus morhua*) in subdivisions 24–32, eastern Baltic stock (eastern Baltic Sea) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.24–32. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7745>.
- ICES. 2021 d. Cod (*Gadus morhua*) in subdivisions 22–24, western Baltic stock (western Baltic Sea). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.22–24. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7744>.
- ICES. 2021 e. Northwestern Working Group (NWWG). 766 pp.
- ICES. 2021 f. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.8449>.
- ICES. 2021 g. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Subarea 4, Division 6.a, and Subdivision 20 (North Sea, West of Scotland, Skagerrak) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.46a20. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7759>.
- ICES. 2021 h. Advice on fishing opportunities // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, Section 1.1.1. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7720>.
- ICES. 2021 i. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Divisions 7.b-k (southern Celtic Seas and English Channel) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.7b-k. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7764>.
- ICES. 2021 j. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Division 5.b (Faroese grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.5b. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7761>.
- ICES. 2021 k. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Division 5.a (Iceland grounds). // In: Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.5a. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7760>.
- ICES. 2021 l. Saithe (*Pollachius virens*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7826>.
- ICES. 2021 m. Saithe (*Pollachius virens*) in subareas 4 and 6, and in Division 3.a (North Sea, Rockall and West of Scotland, Skagerrak and Kattegat) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.3a46. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7827>.
- ICES. 2021 n. Saithe (*Pollachius virens*) in Division 5.b (Faroese grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.5b. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7829>.
- ICES. 2021 o. Saithe (*Pollachius virens*) in Division 5.a (Iceland grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.5a. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7828>.
- O'Boyle R. 1993. Fisheries management organizations: a study of uncertainty // Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. / Smith J.S., Hunt J.J., Rivard D. (eds) Canadian Special publication of Fish. Aquatic Sci. P. 423–436.
- Radovich J. 1962. Effects of sardine spawning stock size and environment on year-class production // California Fish and Game. V. 48. P. 123–140.
- Rideout, R.M., Rogers, B., Ings, D.W. 2018. An Assessment of the Cod Stock in NAFO Divisions 3NO NAFO SCR Doc. No. 18/028. 52 p.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations, important for the management of the commercial marine fisheries. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bull. V. 1. P. 7–56.

REFERENCES

- Beverton R., Holt S. 1969. Dynamics of exploited fish populations. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost. 248 p. (in Russ.) (Beverton R.J.H., Holt S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationery Office. London).
- Bondarenko M.V., Krovnin A.S., Serebryakov V.P. 2003. Ranging year-class strength and survival rates during early life history of the Barents Sea cod fishes to establish biological reference points and evaluate environmental effects. Moscow: VNIRO Publish. 187 p. (in Russ.)
- Borisov V.M. 1985. Natural mortality as a factor of abundance dynamics of commercial fish populations // Theory of formation of commercial fish stock abundance. Moscow: Nauka, 216 p. (in Russ.).
- Dekhnik T.V., Serebryakov V.P., Soin S.G. 1982. Importance of early life stages in formation of year-class strength // Abstr. of the All-Union Conference on Theory of formation of year-

- class strength and rational exploitation of commercial fish stocks. Moscow. P. 34–38 (in Russ.)
- Cushing D.H. 1979. Marine ecology and fisheries Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 288 P. (in Russ.). (Cushing D.H. 1975. Marine ecology and fisheries. Cambridge etc. London).
- Ricker W.E. 1979. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. M.: Pishchevaya Promyshlennost, 408 P. (in Russ.). (Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada. V. 191).
- Serebryakov V.P., Borisov V.M., Aldonov V.K. 1984. Population fecundity and strength of Arcto-Norwegian cod year-classes // Proceedings of the 1st Soviet–Norwegian Symposium, Moscow: VNIRO Press. P. 240–260. (in Russ.)
- Basson M., Beddington J.R. 1993. Risks and uncertainties in the management of a single-cohort squid fishery: the Falkland Islands *Illex* fishery as an example // Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. / Smith J.S., Hunt J.J., Rivard D., (eds) Canadian Special publication of Fish. Aquatic Sci. P. 253–260.
- DFO. 2019 a. Stock assessment of Northern Cod (NAFO Divs.2J3KL) in 2019. DFO CSAS Sci. Advis. Rep. 2019/050. 20 pp.
- DFO. 2019 b. Stock Assessment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in NAFO Divisions 4X5Y. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/015. 19 p.
- Ellertsen B., Fossum P., Solemdal P., Sundby S., Tilseth S. 1987. The effect of biological and physical factors on the survival of Arcto-Norwegian cod and the influence on recruitment variability // Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium. Inst. of Marine Research. Bergen. P. 101–126.
- Garrod D.J. 1967. Population dynamics of the Arcto-Norwegian cod. // J. Fish. Res. Bull. V. 23(1). P. 145–190.
- Gulland J.A. 1965. Survival of the youngest stages of fish and its relation to year-class strength // ICNAF. Environmental Symposium, Special Publication. Rome. № 6. P. 363–371.
- Hylen A., Nakken O., Nedreaas K. 2008. Northeast Arctic cod: fisheries, life history, fluctuations and management // Norwegian spring-spawning herring and Northeast Arctic cod – 100 years of research and management. / O.Nakken (ed.) Tapir Academic Press. Trondheim. P. 83–118.
- ICES. 2021 a. Cod (*Gadus morhua*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7741>.
- ICES. 2021 b. Cod (*Gadus morhua*) in Subarea 4, Division 7.d, and Subdivision 20 (North Sea, eastern English Channel, Skagerrak). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.47d20. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7746>.
- ICES. 2021 c. Cod (*Gadus morhua*) in subdivisions 24–32, eastern Baltic stock (eastern Baltic Sea) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.24–32. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7745>.
- ICES. 2021 d. Cod (*Gadus morhua*) in subdivisions 22–24, western Baltic stock (western Baltic Sea). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, cod.27.22–24. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7744>.
- ICES. 2021 e. Northwestern Working Group (NWWG). 766 pp.
- ICES. 2021 f. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic). // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.8449>.
- ICES. 2021 g. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Subarea 4, Division 6.a, and Subdivision 20 (North Sea, West of Scotland, Skagerrak) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.46a20. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7759>.
- ICES. 2021 h. Advice on fishing opportunities // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, Section 1.1.1. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7720>.
- ICES. 2021 i. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Divisions 7.b-k (southern Celtic Seas and English Channel) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.7b-k. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7764>.
- ICES. 2021 j. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Division 5.b (Faroes grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.5b. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7761>.
- ICES. 2021 k. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Division 5.a (Iceland grounds). // In: Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, had.27.5a. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7760>.
- ICES. 2021 l. Saithe (*Pollachius virens*) in subareas 1 and 2 (Northeast Arctic) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.1–2. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7826>.
- ICES. 2021 m. Saithe (*Pollachius virens*) in subareas 4 and 6, and in Division 3.a (North Sea, Rockall and West of Scotland, Skagerrak and Kattegat) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.3a46. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7827>.
- ICES. 2021 n. Saithe (*Pollachius virens*) in Division 5.b (Faroes grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.5b. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7829>.
- ICES. 2021 o. Saithe (*Pollachius virens*) in Division 5.a (Iceland grounds) // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, pok.27.5a. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7828>.
- O'Boyle R. 1993. Fisheries management organizations: a study of uncertainty // Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. / Smith J.S., Hunt J.J., Rivard D. (eds) Canadian Special publication of Fish. Aquatic Sci. P. 423–436.
- Radvich J. 1962. Effects of sardine spawning stock size and environment on year-class production // California Fish and Game. V. 48. P. 123–140.
- Rideout, R.M., Rogers, B., Ings, D.W. 2018. An Assessment of the Cod Stock in NAFO Divisions 3NO NAFO SCR Doc. No. 18/028. 52 p.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations, important for the management of the commercial marine fisheries. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bull. V. 1. P. 7–56.

Поступила в редакцию: 21.12.2022 г.
Принята после рецензии 31.01.2023 г.