

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.562–152.6 (261.24) +639.2.053.7

**О МИНИМАЛЬНОМ ПРОМЫСЛОВОМ РАЗМЕРЕ ТРЕСКИ
GADUS MORHUA CALLARIAS В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ**

© 2019 г. В. М. Амосова, А. С. Зезера, А. И. Карпушевская, И. В. Карпушевский

Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО), Калининград, 236022

E-mail: karpushevskiy@atlantniro.ru

Поступила в редакцию 29.04.2018 г.

В работе рассматривается вопрос о необходимости/возможности снижения минимального промыслового размера трески *Gadus morhua callarias*, добываемой в исключительной экономической зоне и территориальном море России 26-го подрайона ИКЕС Балтийского моря, в связи со структурными изменениями ее популяции в последние годы. Проведен анализ размерно-возрастного состава запаса и физиологического состояния трески за период 1992–2016 гг. Основываясь на значениях параметров продолжительности жизни и размеров тела, а также параметров модели роста Берта-Ланфи, естественная смертность трески по периодам оценена различными методами. Выявлено доминирование в запасе зрелых мелкоразмерных особей. Рекомендовано снижение минимального промыслового размера трески с 38 см до 35 см.

Ключевые слова: Балтийское море, треска, минимальный промысловый размер, созревание, естественная смертность.

ВВЕДЕНИЕ

Важным механизмом обеспечения сохранения и рационального использования водных биологических ресурсов (ВБР) является ограничение рыболовства, связанное с установлением минимального промыслового размера добываемых видов. Данный критерий определяет нижнюю границу размерного состава облавливаемых рыб, при котором 50% особей (самок) уже зрелые и как минимум один раз отнерестились, т.е. «ориентирует» промысел на нерестовую часть запаса.

Для объективной оценки минимальной промысловой длины необходим учет целого комплекса показателей, как биологических, характеризующих состояние популяции промыслового вида, так и абиотических, определяющих условия нереста, нагула, питания, темпов роста/созревания и др.

Известно, что на рубеже 1990-х гг. экосистема Балтийского моря перешла в новое качественное состояние, что нашло от-

ражение в изменении видового состава, численности, пространственного распределения и функционирования рыбного сообщества (Feldman et al., 2002; MacKenzie, Koster, 2004; Зезера, 2009; Daufresne et al., 2009; Зезера, Иванович, 2011; Eero et al., 2012, 2015; Карпушевский и др., 2013; Зезера и др., 2014). С точки зрения рыболовства, важными были изменения, связанные с доминированием в ихтиоценозе более мелких по размеру видов, а в внутри отдельных видов — особей более мелкого размера. Изменилась не только структура рыбного сообщества в целом, но и биологические и физиологические параметры самих популяций.

Среди промысловых видов рыб наиболее уязвима в этом аспекте оказалась популяция трески: значительно сократился ареал обитания/нереста, уменьшилась численность/биомасса, изменилась размерно-возрастная структура и др. Увеличилась пространственная неоднородность распределения вида в рамках единицы запаса. В на-

стоящее время треска сосредоточена в 25-м и 26-м подрайонах ИКЕС Балтийского моря, на остальные подрайоны (27–32-й) ИКЕС приходится не более 2–4% от запаса (Амосова и др., 2017; Plikshs et al, 2017; Report..., 2017).

В последние пять лет характерным для восточнобалтийской трески является резкое сокращение численности крупноразмерных особей, при этом массовое созревание рыб отмечается при меньших размерах (Амосова et al., 2016; Амосова и др., 2017).

В 2013 г. на совещании стран Европейского союза (ЕС) в рамках Еврокомиссии по рыболовству был установлен запрет на выброс некондиционной рыбы на промысле. Данная мера применяется при добыче трески в Балтийском море в пределах национальных акваторий стран ЕС с 2015 г. Отменен и минимальный промысловый размер без изменений требований к селективности орудий лова (Collaboration..., 2013; Report..., 2018).

В работе представлен анализ биологического/физиологического состояния популяции трески в пределах акваторий российской части 26-го подрайона ИКЕС и всей единицы запаса вида 25–32-го подрайонов ИКЕС Балтийского моря. Цель исследования — обоснование необходимости/возможности снижения минимального промыслового размера трески, облавливаемой в исключительной экономической зоне и территориальном море России 26-го подрайона ИКЕС Балтийского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Оценка состояния запаса трески и выработка рекомендаций по промыслу вида осуществляется на основе материалов рабочих групп и семинаров Международного Совета по исследованию моря — ИКЕС (ICES, International Council for the Exploration of the Sea). В 2017–2018 гг. состоялись два семинара ИКЕС по биологическим вводным данным и по анализу входных данных для оценки запаса восточнобалтийской трески (WKBEVCA, WKIDEVCA), где были

представлены в том числе и российские данные, методы и подходы к оценке темпа роста и естественной смертности восточнобалтийской трески в многолетнем аспекте (Report..., 2017, 2018).

В нашей работе использовали результаты исследований российских донных траловых съемок первого квартала 1992–2016 гг. (база данных ИКЕС DATRAS); в годы, когда съемки не проводили (2012, 2014–2016) — промысловые данные за такой же период.

Долю созревающих и зрелых самок в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря анализировали по размерным группам (< 30 , $30–34$, $35–37$ и ≥ 38 см). Рассматривали огивы созревания вида. Длину 50% самок, достигших полового созревания ($L_{50\%}$, см), вычисляли по формуле Эштона (Ashton, 1972). Всего проанализировано более 32 тыс. экз. трески.

Оценена величина естественной смертности трески восточного запаса. Для этого использовали значения параметров продолжительности жизни и размера тела, а также параметры модели роста Берталанфи (Bertalanffy, 1938): коэффициент роста Броуди K , асимптотическую массу W_{∞} и длину L_{∞} . Для оценки возможности применения параметров модели роста Берталанфи применяли среднюю ошибку аппроксимации (не более 5%) между наблюдаемыми и расчетными данными по возрастам. Коэффициенты уравнения Берталанфи рассчитывали методом наименьших квадратов по данным о массе и длине особей (самок) по возрастным группам.

Для определения длины рыбы в возрасте одного года, скорости линейного роста и максимального теоретического возраста была проведена оценка темпа роста по Шмальгаузену (1935).

Использовали два метода оценки естественной смертности (таблица). Первый метод — смертность постоянная для всех возрастов ($M = \text{const}$). На основе эмпирических и полуэмпирических зависимостей данный подход учитывал показатели роста или физи-

Таблица 1. Методы оценки естественной смертности трески Балтийского моря

Формула расчета	Источник
$M = \text{const}$	
$M = -\text{Ln}(0,05) / T_{\text{max}}$	Anthony, 1982
$\lg(M) = -0,0066 - 0,279 \times \lg(L_{\text{max}}) + 0,6543 \times \lg(K) + 0,4634 \times \lg(T, ^\circ\text{C})$	Pauly, 1980 (формула 1)
$\lg(M) = -0,2107 - 0,0824 \times \lg(W_{\text{max}}) + 0,6757 \times \lg(K) + 0,4627 \times \lg(T, ^\circ\text{C})$	Pauly, 1980 (формула 2)
$M = 1,5 \times K$	Jensen, 1996
$M \neq \text{const}$	
$M = 1,92 \times W - 0,25$	Peterson, Wroblewski, 1984
$M = K / (1 - \exp(-K(t-t_0)))$	Chen, Watanabe, 1989
$M = 3,00W - 0,288$	Lorenzen, 1966

Примечание. M — естественная смертность, W — масса рыб по возрастам, W_{max} — асимптотическая масса, L_{max} — асимптотическая длина, K — коэффициент роста Бергаланфи, T_{max} — максимальный теоретический предельный возраст, t — возраст рыбы, t_0 — условный нулевой возраст, когда масса особи равны нулю; $T, ^\circ\text{C}$ — средние годовые значения температуры в придонном слое Гданьской котловины (станция Р1).

ологического состояния рыб. Второй метод оценки — смертность различается по возрастам (Then et al., 2015; Hamel, 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены средние значения длины и массы трески по возрастам за период 1992–2016 гг. Основные изменения (снижение) биологических показателей (средних значений длин и масс) по возрастам в многолетнем периоде с 1992 г. по настоящее время отмечены для возрастных групп более трех лет (Amosova et al., 2018). После 2006 г. значительно выросла численность размерных групп 30–34 и 35–37 см (рис. 2).

На рис. 3 представлена доля созревающих и зрелых самок по размерным группам в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря, включая исключительную экономическую зону и территориальное море России. Как видно из рис. 3, на фоне значительного роста численности размерных групп 30–34 и 35–

37 см после 2006 г. увеличилась доля зрелых и созревающих самок длиной 30–34 см, а созревание рыб в массовом количестве наблюдалось уже при длине самок 35 см.

Размерный состав трески характеризовался доминированием мелкоразмерных особей, а средняя длина самок при 50%-ном созревании уменьшилась с 35,8 см в 2003 г. до 30,7 см в 2016 г. Средняя длина зрелых самок снизилась с 53,7 см в 2003 г. до 36,6 см в 2016 г., средняя масса — с 2473 г в 2003 г. до 617 г в 2016 г. При этом средний возраст созревающих и зрелых самок практически не менялся (рис. 4).

Выполнена оценка естественной смертности трески восточного запаса, при этом использованы значения параметров продолжительности жизни и размеров тела, а также параметры модели роста Бергаланфи для особей в возрасте 2–7 лет (рис. 5). Основной рост значений естественной смертности отмечен для возрастных групп от трех лет и старше, что соответствует длине 35 см и более.

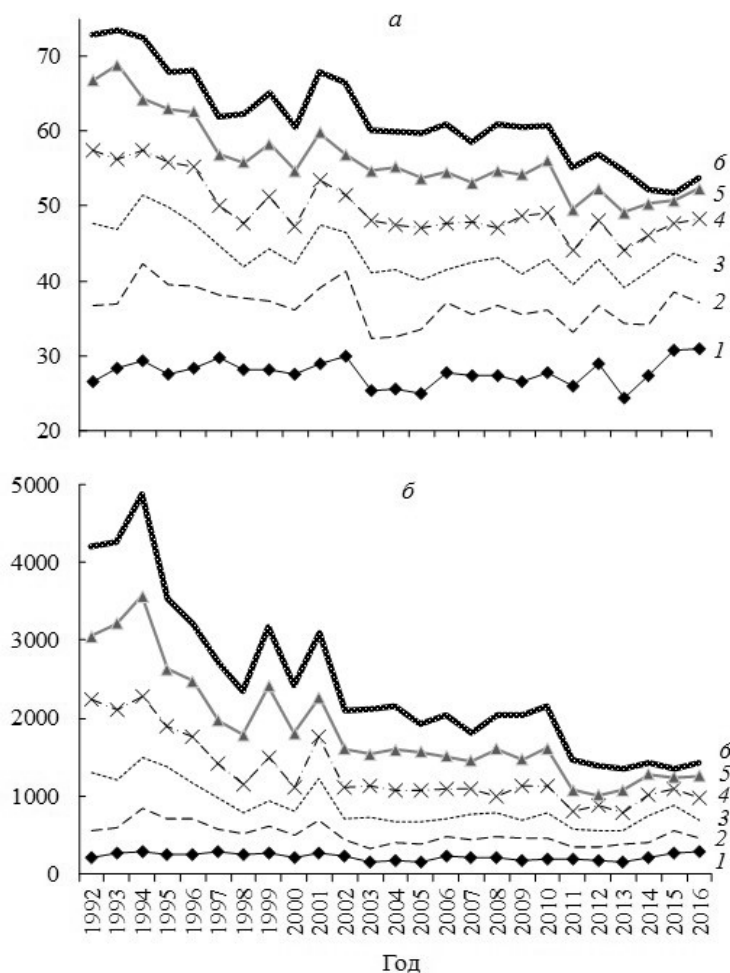


Рис. 1. Изменение средней длины (а, см) и массы (б, г) трески по возрастам за период 1992–2016 гг. Возраст: 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – 6, 6 – 7 лет (по данным донных траловых съемок и биостатистическим данным российского промысла первого квартала).

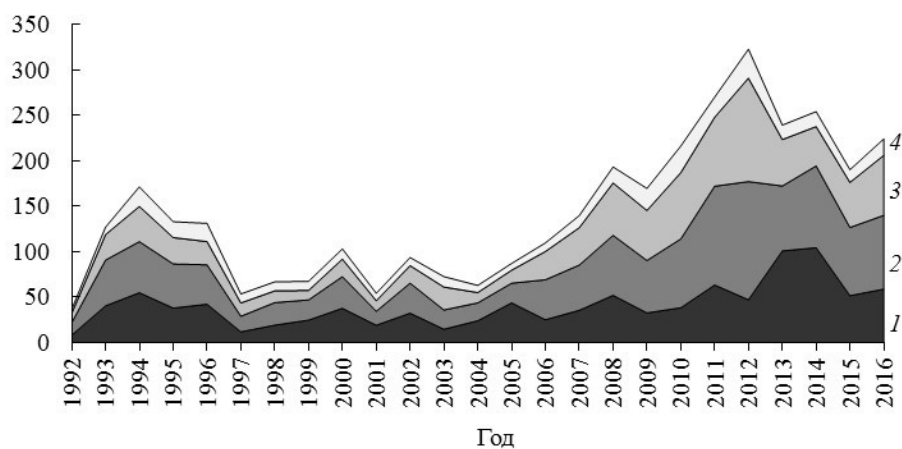


Рис. 2. Суммарные уловы на усилия (экз/ч траления) восточнобалтийской трески (25–32-й подрайоны ИКЕС Балтийского моря) по данным донных траловых съемок первого квартала за период 1992–2016 гг. (база данных ИКЕС DATRAS). Особи длиной: 1 – < 30, 2 – 30–34, 3 – 35–37, 4 – ≥ 38 см.

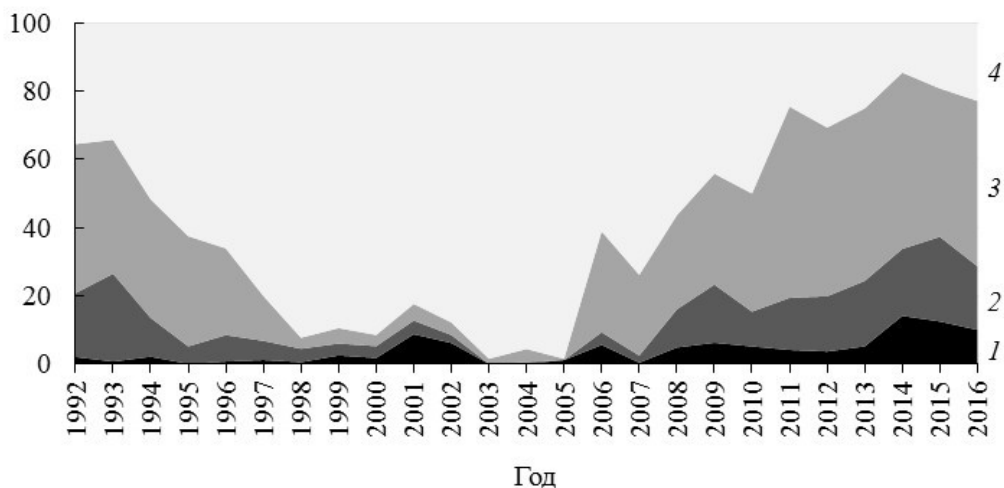


Рис. 3. Распределение созревающих и зрелых самок по размерным группам (%) в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря по данным донных траловых съемок и биостатистическим данным российского промысла первого квартала за период 1992–2016 гг. 1–4 см. на рис. 2.

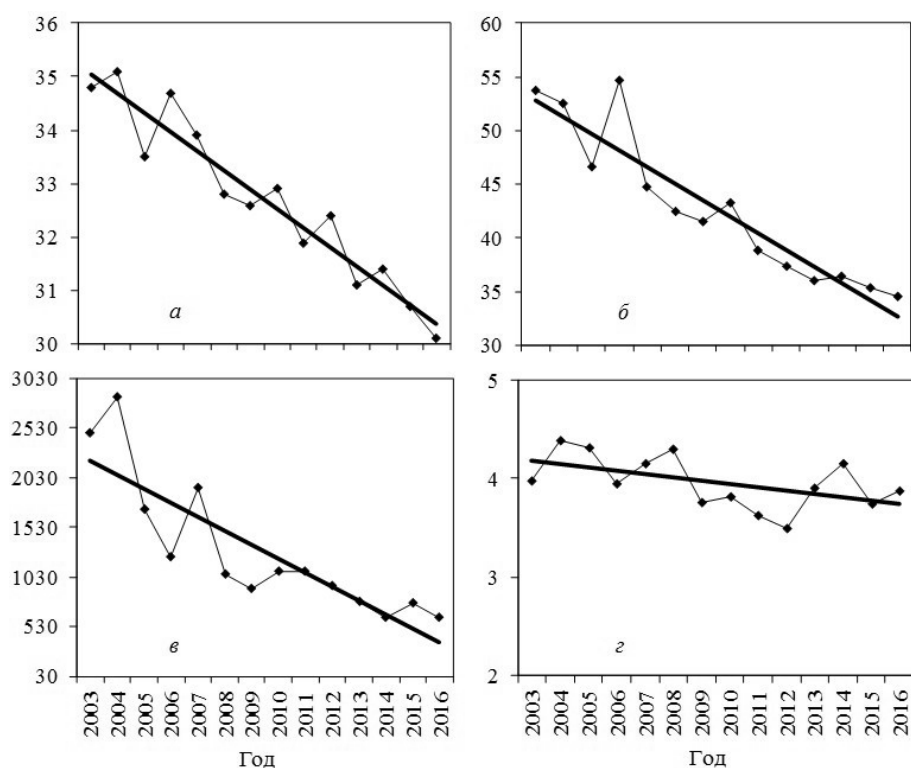


Рис. 4. Основные характеристики средней длины, массы и возраста трески в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря по данным донных траловых съемок и биостатистическим данным российского промысла первого квартала в 2003–2016 гг.: *а* – длина (см) самок, достигших 50%-ного созревания, вычисленная по формуле Эштона: $y = -0,36x + 35,40$; $R^2 = 0,92$; *б* – средняя длина созревающих и зрелых самок (наблюденные значения), см: $y = -1,55x + 54,38$; $R^2 = 0,87$; *в* – средняя масса созревающих и зрелых самок, г: $y = -141,68x + 2350,31$; $R^2 = 0,73$; *г* – средний возраст созревающих и зрелых самок, лет: $y = -0,03x + 4,21$; $R^2 = 0,27$.

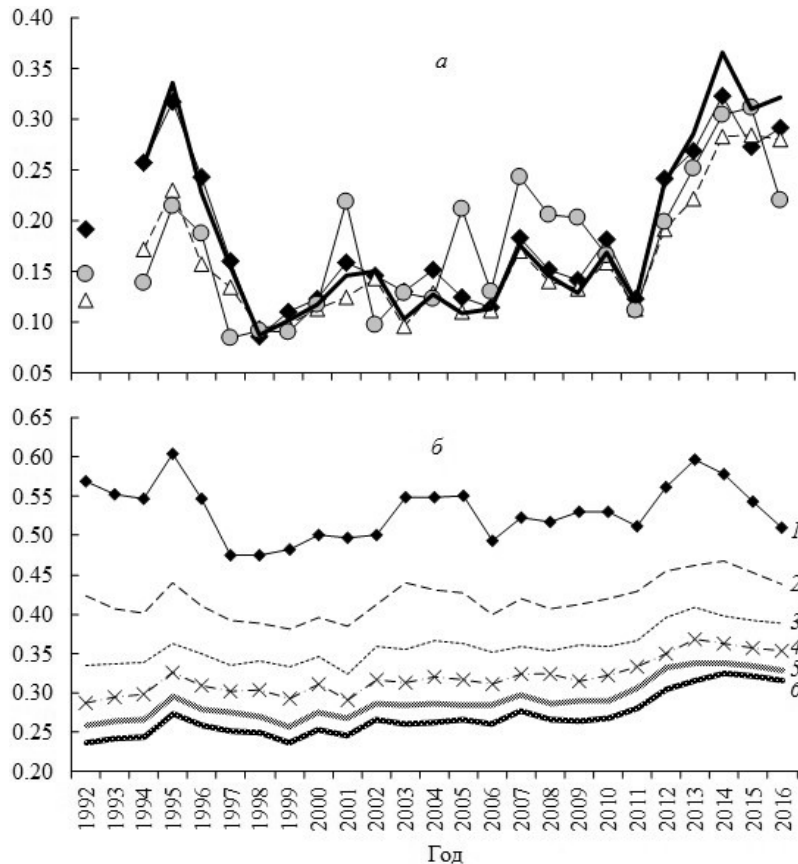


Рис. 5. Значения естественной смертности трески, рассчитанные разными методами за период 1992–2016 гг.: *a* – смертность постоянна для всех возрастов, по данным: (◆) – Anthony, 1982; (●)(△) – Pauly, 1980; (–) – Jensen, 1996; *б* – смертность различается по возрастам 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – 6, 6 – 7 лет. Использованы методы: Peterson, Wroblewski, 1984; Chen, Watanabe, 1989; Lorenzen, 1966 (осредненные значения по всем методам) (Amosova et al., 2018; Report..., 2018).

Естественная смертность связана с темпами роста, продолжительностью жизни и температурой воды (Pauly, 1980). Выявлены высокие корреляционные связи (R^2) рассчитанной естественной смертности (M) от параметров модели Бергаланфи (рис. 6).

Кроме того, значения естественной смертности, рассчитанные методами, учитывающими такие биологические параметры, как темп роста, продолжительность жизни и т.д., сходны со значениями, полученными с помощью методов, включающих абиотический фактор температуры воды (Pauly, 1980).

В работах ряда авторов результаты исследований, выполненных в пределах на-

циональных акваторий других прибалтийских стран, оказались сходными с результатами специалистов АтлантНИРО. Так, данные датских и шведских ученых подтвердили отсутствие существенного роста значений естественной смертности для младших возрастных групп трески (2 года и младше). Для рыб возрастом 3 года и старше зафиксирован значительный рост значений смертности в 1990-е гг., стабилизация величин в 1999–2007 гг. и их рост в современный период. Показано, что средняя длина старших возрастных групп к 2006 г. снизилась на 6% (Eero et al., 2012, 2015; Casini, 2016; Report..., 2018).

В соответствии с особенностями биологии и состояния запаса трески

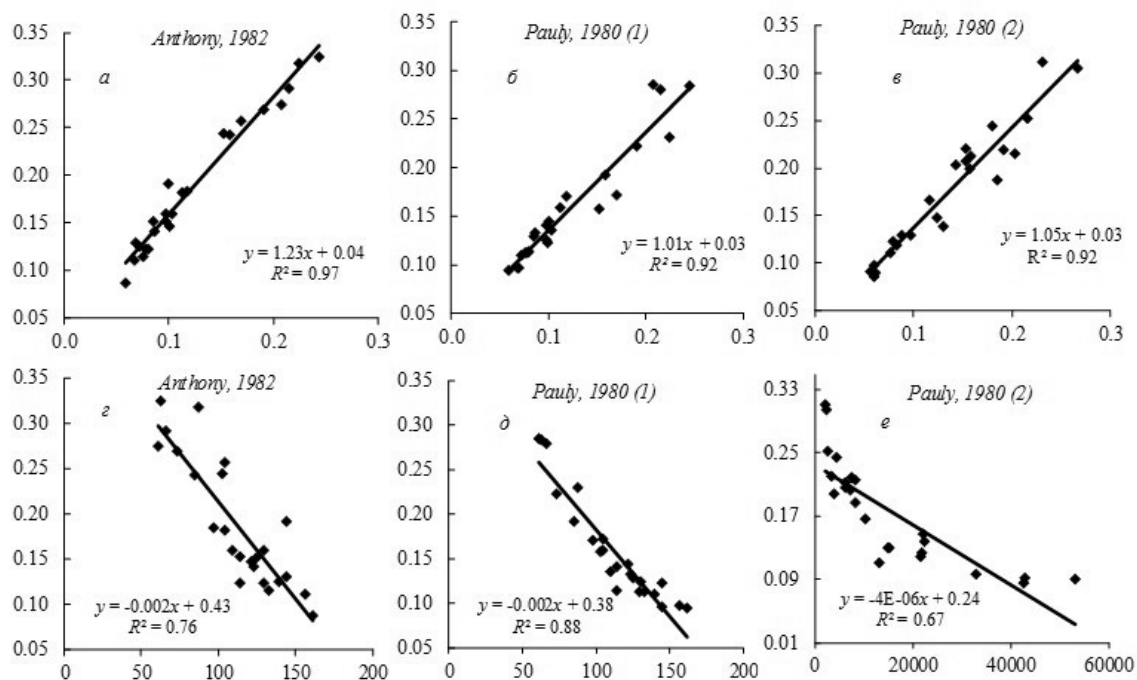


Рис. 6. Зависимость естественной смертности, рассчитанной различными методами (см. таблицу), от параметров модели Берталанфи: а–в — коэффициент роста Брудди; г, д — асимптотическая длина; е — асимптотическая масса (Amosova et al., 2018; Report..., 2018).

в 2002 г. минимальная длина промысловой трески была увеличена с 33 до 35 см. Однако анализ данных учетных донных траловых съемок 1999–2001 гг. показал, что при этой длине около 10% самцов и 76% самок еще не достигли половой зрелости. В связи с этим Международная комиссия по рыболовству в Балтийском море (ИБСФК) рекомендовала использовать в качестве минимального промыслового размера трески длину 38 см. В откорректированных Правилах рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна с 2003 г. была введена новая минимальная промысловая мера для трески Балтийского моря — 38 см (Карпушевский, 2003).

В настоящее время средняя длина самок $L_{50\%}$ снизилась с 35,5 см в 2003–2005 гг. до 31,3 см в 2011–2016 гг., а массово рыбы стали созревать уже при длине 35 см. В то же время средний возраст созревающих и зрелых самок за исследуемый период не изменился (рис. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Популяция восточнобалтийской трески характеризуется качественно новым состоянием, при котором на фоне роста численности мелкоразмерной трески увеличилась и доля зрелых (созревающих) самок длиной 30–34 и 35–37 см.

Размерная структура нерестового запаса балтийской трески позволяет без ущерба для популяции при сохранении существующих требований к селективности орудий лова, определенных Правилами рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна (Приказ Минсельхоза России от 06.11.2014 г. № 427), уменьшить минимальный промысловый размер в Исключительной экономической зоне и территориальном море России Балтийского моря (26-м подрайоне ИКЕС) с 38 см как минимум до 35 см.

Данная мера в определенной степени сократит и объемы выбросов некондиционной трески, т.е. снизит влияние этого нега-

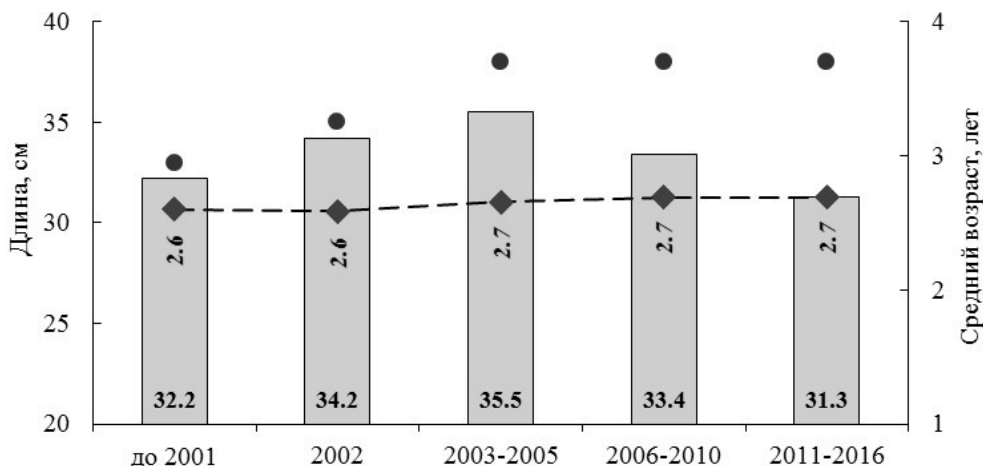


Рис. 7. Длина самок, достигших 50%-ного созревания ($L_{50\%}$) (■); средний возраст рыб при соответствующей длине самок $L_{50\%}$ (◆) и минимальный промысловый размер трески (●) в исключительной экономической зоне и территориальном море России Балтийского моря 26-го подрайона ИКЕС в различные периоды, по данным донных траловых съемок и биостатистическим данным российского промысла первого квартала.

тивного фактора, сопутствующего современному промыслу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И. и др. Биологические и гидрологические компоненты, характеризующие многолетние изменения и современное состояние трески *Gadus morhua callarias* в Балтийском море (Гданьский бассейн, 26-й подрайон ИКЕС) // Вопр. рыболовства. 2017. Т. 18. № 1. С. 1–10.

Зезера А.С. 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: Изд-во АтлантНИРО, 2009. С. 6–17.

Зезера А.С., Иванович В.М. Изменения климата, абиотических условий и величины запасов основных промысловых видов рыб в Юго-Восточной Балтике в последние десятилетия // Матер. XV конф. по промысл. океанологии, посвященной 150-летию со дня рождения академика Н.М. Книпо-

вича. Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2011. С. 123–126.

Зезера А.С., Амосова В.М., Патюкина Ф.А. и др. Результаты интегрированного анализа изменений абиотических условий и величин запасов основных промысловых видов рыб в Балтийском море (юго-восточная часть, Гданьский бассейн, 26 подрайон ИКЕС) // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010–2013 годах. Т. 1. Балтийское море и его заливы. Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2014. С. 6–19.

Карпушевский И.В. Эколого-биологические предпосылки формирования запаса трески восточной части Балтийского моря и ее промысел: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград: АтлантНИРО, 2003. 25 с.

Карпушевский И.В., Зезера А.С., Иванович В.М. Адаптационные особенности популяций пелагических и демерсальных рыб в пространственной и временной динамике фактора солености вод Балтийского моря // Тр. ЗИН РАН. 2013. Т. 317 (Приложение 3). С. 128–135.

Шмальгаузен И.И. Рост животных. М.; Л.: Биомедгиз, 1935. С. 8–60.

- Amosova V., Zezera A., Karpushevskaya A. et al.* Analyses of several biological/hydrological components and cod stomach data // ICES CM 2016/ACOM:11. WD 2. Report of the baltic fisheries assessment working group WGBFAS. Copenhagen, Denmark, 2016. P. 495–503.
- Amosova V., Karpushevskaya A., Karpushevskiy I.* Growth and maturity of eastern Baltic cod as illustrated by ICES subdivision 26 of the Baltic Sea // ICES CM 2017/SSGEPD:19. Report of the workshop on biological input to eastern baltic cod assessment WKBEBCA. Gothenburg, Sweden, 2017. P. 9–11.
- Amosova V., Karpushevskaya A., Karpushevskiy I.* Estimation of natural mortality and growth rates of the Eastern Baltic Cod // ICES CM 2018/ACOM: 36. WD 5. Report of the Workshop on Evaluation of Input data to Eastern Baltic Cod Assessment WKIDEBCA. Copenhagen, Denmark, 2018. P. 41–49.
- Anthony V.C.* The calculation of F0.1: a plea for standardization // Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO). Ser. Doc. N557, SCR 82/VI/64. Dartmouth, Canada, 1982. 16 p.
- Ashton W.D.* The logit transformation with special reference to its used in bioassay. N. Y.: Hafner Publ. Co., 1972. 88 p.
- Bertalanffy L., von.* A quantitative theory of organic growth // Human Biol. 1938. V. 10. № 1. P. 181–213.
- Casini M., Käll F., Hansson M. et al.* Hypoxic areas, density-dependence and food limitation drive the body condition of a heavily exploited marine fish predator // R. Soc. Open Sci. 2016. V. 3. № 10. doi: 10.1098/rsos.160416
- Chen S., Watanabe S.* Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics // Nippon Suisan Gakkaishi., 1989. V. 55. P. 205–208.
- Collaboration between the scientific community and the fishing sector to minimize discards in the Baltic cod fisheries // Report of the European Commission. European parliamentary research service, 2013. 252 p.
- Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. et al.* Global warming benefits the small in aquatic ecosystems, 12788–12793 // PNAS. 2009. V. 106. № 31. P. 21–58.
- Eero M., Hjelm J., Behrens J. et al.* Eastern Baltic cod in distress: biological changes and challenges for stock assessment // ICES J. Marine Sci. 2015. V. 72. P. 2180–2186.
- Eero M., Vinther M., Haslob H. et al.* Spatial management of marine resources can enhance the recovery of predators and avoid local depletion of forage fish. Spatial management of marine ecosystem // Conservation Letters. 2012. V. 5. № 6. P. 486–492.
- Feldman V.N., Zhigalova N.N., Patokina F.A., Zezera A.S.* Dynamics of zooplankton structure, sprat and herring feeding and trophic interactions in conditions of water warming in the southeastern Baltic Sea // Annual Sci. Conference. ICES CM/N:05. Copenhagen, Denmark ICES, 2002. P. 1–31.
- Hamel O.S.* A method for calculating a meta-analytical prior for the natural mortality rate using multiple life history correlates // ICES J. Marine Sci. 2015. V. 72. P. 62–69.
- Jensen A.* Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival // Canad. J. Fish. Aquatic Sci. 1996. V. 53. P. 820–822.
- Lorenzen K.* The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: A comparison of natural ecosystems and aquaculture // J. Fish Biol. 1996. V. 49. P. 627–647.
- MacKenzie B.R., Koster F.W.* Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea // Ecology. 2004. V. 85. P. 784–794.
- Pauly D.* On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks // J. Conseil Internat. Pour l'Exploration de la Mer. 1980. V. 39. № 2. P. 175–192.
- Peterson I., Wroblewski J.* Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem // Canad. J. Fish. Aquatic Sci. 1984. V. 41. P. 1117–1120.
- Plikshs M., Amosova V., Baranova T. et al.* Has climate change affected the body con-

dition of Baltic cod *Gadus morhua* L. in the eastern Baltic Sea? // Abstr. Symp. Science delivery for sustainable use of the Baltic Sea living resources. Tallinn, Estonia, 2017. P. 46.

Report of the workshop on biological input to eastern baltic cod assessment WKBEBCA // ICES CM 2017/SSGEPD:19. Gothenburg, Sweden, 2017. 42 p.

Report of the workshop on evalua-

tion of input data to eastern baltic cod assessment WKIDEBCA // ICES CM 2018/ACOM:36. Copenhagen, Denmark, 2018. 68 p.

Then A. Y., Hoenig J. M., Hall N. G., Hewitt D. A. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species // ICES J. Marine Sci. 2015. V. 72. P. 82–92.

ON THE MINIMUM COMMERCIAL COD SIZE *GADUS MORHUA CALLARIAS* IN THE BALTIC SEA

© 2019 y. V. M. Amosova, A. S. Zezera, A. I. Karpushevskaya, I. V. Karpushevskiy

Atlantic Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kaliningrad, 236022

The paper discusses the need to reduce the minimum commercial size of cod (*Gadus morhua callarias*) caught in the exclusive economic zone and territorial sea of Russia in the ICES Subdivision 26 of the Baltic Sea in connection with the structural changes in the population of the Eastern Baltic cod in the recent years. The analysis of the size-by-age composition of the stock and the physiological condition of cod for the period 1992–2016 was conducted. Based on the values of the parameters of life expectancy and body size, as well as the parameters of the growth model of Bertalanffy, the natural mortality of cod by periods is estimated by different methods. The dominance in the stock of mature small-sized individuals is determined. It is recommended to reduce the minimum commercial size of cod from 38 cm to 35 cm.

Keywords: Baltic Sea, cod, minimum commercial size, maturation, natural mortality.