

**ХАРАКТЕР РОСТА БАЛТИЙСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA HARENGUS MEMBRAS* В ИЭЗ РОССИИ 26-ГО ПОДРАЙОНА ИКЕС В 1993–2017 ГОДАХ**

И.С. Труфанова

ФГБНУ «АтлантНИРО», Калининград  
inna-baltic@yandex.ru

Труфанова И.С. Характер роста балтийской сельди *Clupea harengus membras* в ИЭЗ РФ 26-го подрайона ИКЕС в 1993–2017 годах // Труды АтлантНИРО. 2018. Том 2, № 2. Калининград: АтлантНИРО. С. 30–42.

Выполнен анализ многолетних изменений скорости роста балтийской сельди на акватории исключительной экономической зоны (ИЭЗ) РФ в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря. Используются материалы осенних тралово-акустических съемок 1993–2017 гг. промысловых рейсов осенью 2012–2015 гг. Рост сельди размерами 7,0–37,8 см (масса 2,0–500,0 г) близок к изометрическому. Скорость роста сельди в 1993–2017 гг. была низкой, согласно расчетам по уравнению Л. Берталанфи, но в последнее десятилетие (2007–2017 гг.) она несколько увеличилась. Скорости роста сельди свойственны периодические колебания, минимум зарегистрирован в 1993 г. и 2007 г., максимум – в 2014 г. Выявлены различия в многолетних изменениях роста двух преобладающих в уловах внутривидовых группировок сельди – весеннерестующей прибрежной и весеннерестующей сельди открытого моря (морской). Группировка прибрежной сельди характеризовалась замедленным ростом (коэффициент роста  $K = 0,1$ ), относительно высокий рост зарегистрирован в 2007 и 2014 гг. ( $K = 0,3$ ). Константа роста морской сельди была низкой ( $K = 0,1$ ), за исключением максимума в 2000 г. ( $K = 0,3$ ). Судя по результатам анализа теоретически вычисленных показателей длины и массы, скорость роста прибрежной сельди в среднем за весь период наблюдений (1993–2017 гг.) была наиболее высокой, а морской сельди – низкой. Абсолютные и относительные годовые приросты длины и массы в большинстве случаев были больше у прибрежной сельди по сравнению с морской.

**Ключевые слова:** балтийская сельдь, *Clupea harengus membras*, внутривидовые группировки, масса, длина, скорость роста, Балтийское море, российская часть 26-го подрайона ИКЕС

Trufanova I.S. Growth pattern of Baltic herring *Clupea harengus membras* in the Russian EEZ of the ICES Subdivision 26 in 1993–2017 // Trudy AtlantNIRO. Vol. 2, № 2. 2018. Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 30–42.

Analysis of long-term changes in the rate of growth of Baltic herring in the area of the Russian exclusive economic zone (EEZ) in the ICES Subdivision 26 of the Baltic Sea is performed. The materials of the autumn trawl-acoustic surveys carried out in 1993–2017 were used (hydro-acoustic data, mass measurements, biological analyzes and age samples), as well as the data collected by observers in the course of commercial fishing carried out by the vessels harvesting for pelagic fish species in the autumn season of 2012–2015. Growth of herring of 7.0–37.8 cm in size (weight 2.0–500.0 g) is close to isometric one. In the multi-year aspect, judging by the calculations based on the von Bertalanffy equation, the herring growth rate was

low in 1993–2017 but in recent years it has increased compared to the early 1990s. Herring growth rates are characterized by periodic fluctuations, the minimum was recorded in 1993 and 2007, the maximum – in 2014. Groupings of coastal herring were characterized by relatively high growth rate in 2007 and 2014 (growth coefficient  $K = 0.3$ ), and in other years its growth was slow ( $K = 0.1$ ). Growth constant of open-sea herring was low ( $K = 0.1$ ), except for the maximum in 2000 ( $K = 0.3$ ). Judging by results of analysis of theoretically calculated length and weight indices, growth rate of coastal herring during the entire observation period (1993–2017) on the average was the highest, and open-sea herring had the lowest one. The data of absolute and relative annual increase in length and mass of herring of the two groups are given. These indices in the majority of the periods considered were higher for coastal herring as compared with open-sea grouping.

**Key words:** Baltic herring, *Clupea harengus membras*, intra-specific groups, weight, growth rate, Baltic Sea, Russian part of the ICES Subdivision 26

## Введение

Балтийская сельдь (салака) *Clupea harengus membras* с середины прошлого века характеризовалась значительной изменчивостью скорости роста. Согласно ретроспективным данным, в 1960–1980-х гг. масса сельди имела тенденцию к циклическим изменениям в соответствии с колебаниями гидрологических условий и объема кормовой базы [Костричкина, 1982; Лишев и др., 1967; Rahikainen, Stephenson, 2004]. Значительное увеличение средней массы среди разных возрастных групп произошло в 1970–1980-х гг. Оно было вызвано повышением солености, изменениями термического режима вод и количества зоопланктона. После этого в середине 1980-х годов произошел существенный спад скорости роста из-за снижения солености вследствие долгого отсутствия значительных адвекций из Северного моря, а также структурных и количественных изменений сообщества зоопланктона [Wyszynski, 1989; Cardinale, Arrhenius, 2001; Rahikainen, Stephenson, 2004]. Численность излюбленной пищи – псевдокалянуса *Pseudocalanus acuspes* и лимнокалянуса *Limnocalanus* spp. уменьшилась, произошла их замена акарцией *Acartia* spp. и теморой *Temora longicornis* [Федотова, Тылик, 2009; Casini, 2010; Rahikainen, Stephenson, 2004; Raid et al., 2003]. Кроме того, в 1990-е гг. в Балтике увеличилась численность шпрота *Sprattus sprattus balticus*, а численность трески *Gadus morhua callarias* – снизилась. Все это обострило межвидовую и внутривидовую конкуренцию и снизило количество доступной пищи [Flinkman, 1998]. В последние годы было отмечено некоторое повышение значений массы по возрастным группам, однако скорость роста по-прежнему остается низкой в многолетнем масштабе (1974–2017 гг.) [ICES, 2018]. Так, в литовских водах по сравнению с 1970 годами с 1985 по 2005 гг. величины коэффициента роста сельди снизились в два-три раза [Федотова, Тылик, 2009; Федотова, 2010].

Размерные характеристики сельди в уловах зависят от соотношения численности внутривидовых группировок, представители которых растут по-разному [Федотова, 2010; ICES, 2018]. В Юго-Восточной Балтике обитают три внутривидовые группировки балтийской сельди: прибрежная весеннерестующая, морская весеннерестующая (сельдь открытого моря) и осеннерестующая [Оявеер, 1987]. Наиболее массовые и важнейшие для промысла в 26-м подрайоне – две группировки весеннерестующих сельдей. Численность осеннерестующей сельди в последние 30 лет находится на очень низком уровне [Труфанова, 2017], и ее доля в уловах минимальна, поэтому далее она не рассматривается.

**Весеннерестующая прибрежная сельдь Южной Балтики** характеризуется быстрым ростом, коротким жизненным циклом и массовым созреванием в возрасте 2 лет. Она нерестится вдоль южного побережья Балтики, вокруг о. Рюген, в Поморской бухте, Гданьском и Вислинском (Калининградском) заливах на глубинах 3–15 м в основном с марта по июнь. В юго-восточной части Балтийского моря она не совершает протяженных перемещений и в летне-осенний период остается в открытой части Гданьского залива [Аго, 1989; Popiel, 1958, 1984].

**Весеннерестующая сельдь открытого моря** отличается медленным ростом, более продолжительным жизненным циклом, созреванием преимущественно на 3-м году жизни. Она наиболее многочисленна в западной, северо-западной и северо-восточной частях Центральной Балтики. Размножение происходит в апреле-июле на глубинах 5–20 м у берегов Швеции, Эстонии и Латвии. После нереста часть рыб старших возрастных групп совершает нагульные миграции в южном направлении, и в летне-осенний период в значительных количествах обитает в 26-м подрайоне ИКЕС. В начале зимнего периода происходит миграция в направлении нерестилищ, но некоторая часть этой сельди остается в Южной Балтике, нерестясь здесь весной вместе с прибрежной группировкой [Аго, 1989; Popiel, 1958, 1984].

Цель данной работы – описать характер роста балтийской сельди на акватории исключительной экономической зоны (ИЭЗ) РФ 26-го подрайона ИКЕС в современный период с 1993 по 2017 г.

### **Материалы и методика**

Материал был собран в сентябре-октябре, в отдельные годы – в ноябре на гидроакустических съемках, выполненных на судах СРТМ-К «Монокристалл», СТМ «Атлантида» и СТМ «Атлантниро» в 1993–2017 гг. Кроме того, были использованы материалы, собранные в осенний сезон 2012–2015 гг. наблюдателями ФГБНУ «АтлантНИРО» на промысловых судах типа МРТК, осуществлявших лов пелагических рыб. В эти годы научно-исследовательские съемки не проводились. Данные об общем количестве использованных материалов представлены в табл. 1. Все полевые работы были проведены на акватории ИЭЗ РФ в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря (рис. 1).

*Таблица 1*

**Количество исследованного материала  
Volume of material studied**

Год	Биоанализ, экз.	Возрастные пробы, пар отолитов	Количество рейсов в ИЭЗ РФ	Количество тралений в ИЭЗ РФ
1993	1512	1243	1	11
1994	1209	1209	1	24
1995	995	994	1	12
1996	1226	1225	1	12
1997	1527	1527	1	14
1998	1285	1268	1	11
1999	1543	1543	1	17
2000	1204	1204	1	12
2001	1100	1100	1	12
2002	1037	1037	1	12
2003	1200	1200	1	14
2004	1600	1299	1	16
2005	1700	1600	1	11
2006	1536	1417	1	13
2007	1300	1300	1	13
2008	1600	1600	1	14

2010	1740	1334	1	14
2011	1100	1100	1	11
2013*	1140	997	3	20
2014*	1162	801	3	35
2015*	1095	626	3	19

Окончание табл. 1

Год	Биоанализ, экз.	Возрастные пробы, пар отолитов	Количество рейсов в ИЭЗ РФ	Количество тралений в ИЭЗ РФ
2016	889	696	1	10
2017	1228	1093	1	13
Итого	31434	28267	31	355

\* – материалы, собранные в промысловых рейсах в осенний сезон

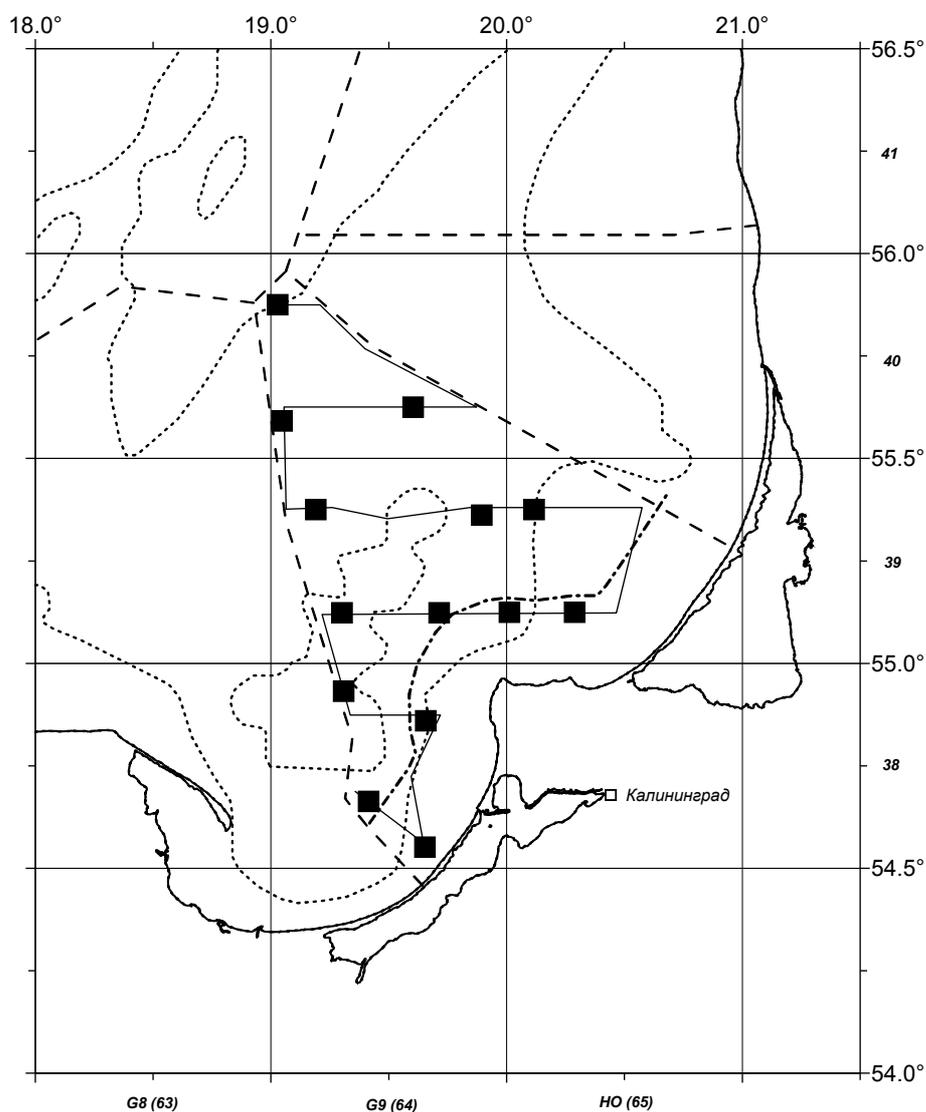


Рис. 1. Район исследований (пунктирной линией обозначены границы ИЭЗ РФ, пунктирной линией с точкой – граница территориального моря). Для примера показана схема галсов акустической съемки и контрольных тралений СТМ «Атлантниро» в октябре 2016 г. [Программа научно-исследовательского рейса..., 2016]

Fig.1. Research area (Russian EEZ borders in the ICES Subdivision 26 of the Baltic Sea are enclosed with the dotted line). As an example, a scheme of transects of acoustic surveys and control trawls performed by research vessel «Atlantniro» in October 2016 is shown. [Program of research cruise..., 2016]

Гидроакустические съемки и работы наблюдателей в промысловых рейсах были выполнены в соответствии с общепринятой методикой ИКЕС [Методическое пособие..., 2013; WGBIFS, 2014]. Съемки выполнялись по заданной схеме галсов. По ходу судна проводилась регистрация акустических сигналов эхометрическим комплексом. Обязательным элементом съемки были контрольные траления, которые проводились с целью идентификации видового состава рыбных концентраций, фиксируемых аппаратурой, а также для сбора биологических данных. В 1993–1995 гг. использовался разноглубинный трал РТ/ТМ 33с, а с 1996 г. – разноглубинный трал РТ/ТМ 70/300. В обоих случаях в кутке была мелкая ячейная вставка с шагом ячеек 6,5 мм. В каждом статистическом квадрате ИКЕС (30' по широте, 1° по долготе) (рис. 1) выполнялось не менее двух тралений продолжительностью 30 минут каждое при скорости судна 3,0–3,5 узла.

Массовый промер сельди на съемке проводили из улова каждого траления в количестве не менее 300 экз. с классовым интервалом 0,5 см. В случае меньших уловов промеряли всех пойманных особей. Измерялась зоологическая длина рыб – от конца рыла до самой длинной лопасти хвостового плавника. Рыбы каждой размерной группы (0,5 см) взвешивались для определения средней массы. Полный биологический анализ с определением длины, массы, наполнения желудочно-кишечного тракта, определением степени ожирения и взятием отоликов проводили в каждом квадрате из нескольких тралений для сбора полной возрастной пробы. Минимальное количество отоликов: 5 пар на размерный класс для рыб длиной менее 10 см, 10 пар на размерный класс при длине особей более 10 см. На основании собранной на съемках гидроакустической информации, по каждому квадрату гидроакустиками АтлантНИРО рассчитывалась численность и биомасса сельди [WGBIFS, 2014]. На основании этих данных и результатов обработки уловов сельди контрольных тралений при использовании размерно-возрастных ключей проводился пересчет численности и определение величин средних масс по возрастным группам по методике [WGBIFS, 2014].

Массовый промер сельди из тралений промысловых уловов проводили с использованием случайной пробы, включающей не менее 200 экз. Для оценки биологического состояния рыб ежеквартально проводился сбор проб на неполный и полный биологический анализ [Методическое пособие..., 2013]. Определение возраста выполнялось с использованием методики А. Комповского [Kompowski, 1969]. Возраст определяли путем подсчета количества гиалиновых колец преимущественно на построструме и роструме отоликов. Признаками, по которым различали отолики осеннерестующей и весеннерестующей сельди, являются их форма, величина центрального поля, соотношение зон роста, ширина первой годовой зоны, структура поверхности, характер края отоликов, ширина зимних зон. Расчет велся для рыб возрастных групп 1–8+ лет. Определение зависимости массы тела рыбы от ее длины определялось по уравнению (1):

$$W = w_0 L^{w_1}, \quad (1)$$

где  $W$  – масса тела рыбы,  $L$  – длина,  $w_0, w_1$  – эмпирические коэффициенты [Мина, Клевезаль, 1976; Шибаяев, 2007].

Для математического описания весового (2) и линейного (3) роста использовалось уравнение Л. Берталанфи [Мина, Клевезаль, 1976; Шибаяев, 2007]:

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^3, \quad (2)$$

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) , \quad (3)$$

где  $W_t$  – масса рыбы в возрасте  $t$ , г;  $W_\infty$  – предельная масса рыбы, г;  $K$  – константа роста;  $t_0$  – теоретический возраст, при котором длина (масса) рыбы равна нулю;  $L_t$  – длина рыбы в возрасте  $t$ , см;  $L_\infty$  – предельная длина рыбы, см.

Абсолютный прирост рыб был рассчитан по формуле (4):



разделения на группировки	К	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
	$W_{\infty}$ , г	264,0	80,9	74,8	104,2	80,8	67,4
	К	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
	$L_{\infty}$ , см	27,6	23,0	26,0	24,5	23,0	25,9
Прибрежная сельдь	К	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1
	$W_{\infty}$ , г	377,6	348,2	336,6	115,2	110,8	243,5
	К	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1

Окончание табл. 2

Группировка сельди	Год	1993	1998	2000	2007	2014*	2017
	$L_{\infty}$ , см	39,1	40,8	40,2	24,5	24,9	35,2
	К	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
Морская сельдь	$W_{\infty}$ , г	327,9	296,9	64,8	217,3	279,3	244,8
	К	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
	$L_{\infty}$ , см	34,5	37,2	20,6	28,0	27,2	27,0

\* – данные, собранные в промысловых рейсах в осенний сезон

Константы весового и линейного роста имели одинаковые тенденции на протяжении 1993–2017 гг. (табл. 2). Скорость весового и линейного роста сельди в зоне РФ претерпевала периодические колебания. Минимальные значения этого параметра (коэффициент роста  $K=0,1$ ) наблюдались в 1993 и 2007 г., стабильный период с немного более высокими значениями – в 1998–2000 гг. В 2014 г. по материалам, полученным в промысловых рейсах, собранных преимущественно в прибрежной части акватории, зафиксирована максимальная величина – 0,3, после чего к 2017 г. произошло ее снижение до 0,2.

Изменения величины константы роста у прибрежной и морской группировок не всегда совпадали с таковыми для всей сельди. Константа роста прибрежной сельди до 2000 г. была низкой ( $K = 0,1$ ), она увеличилась до 0,3 в 2007 г. и 2014 г. В 2017 г. она снова снизилась до исходного значения. У морской сельди максимальная величина ( $K = 0,3$ ) константы скорости роста была в 2000 г., в остальные рассмотренные годы скорость ее роста была низкой ( $K = 0,1$ ).

Асимптотическая масса всей исследованной выборки сельди уменьшалась с максимума в 1993 г. до 2000 г., после чего выросла в 2007 г., снизившись снова к концу исследуемого периода. Асимптотическая длина характеризовалась иной динамикой, ей свойственна некоторая периодичность: высокие значения в 1993, 2000, 2017 гг. чередовались с низкими в 1998 и 2014 гг.

Асимптотические масса и длина прибрежной сельди были высокими до 2000 г. включительно, а к 2007–2014 гг. они снизились. Некоторое увеличение их значений последовало в 2017 г. У сельди открытого моря эти показатели были на высоком уровне до 1998 г., с 2000 г. наряду с увеличением коэффициента скорости роста они уменьшились, после чего в 2017 г. было зафиксировано их повышение. В целом значения асимптотических длины и массы у морской сельди ниже, чем у прибрежной, за исключением величин, полученных для 2007 и 2014 гг.

Следует подчеркнуть, что полученные значения асимптотических длины и массы сельди не отражают существующие в природе максимальные величины. Результаты представляют собой теоретически рассчитанные значения, вычисленные на основе усредненных данных по возрастным группам.

Абсолютные годовые приросты массы прибрежной сельди в возрасте 2–8+ лет были приблизительно в два раза выше таковых у морской в 1993–1998 и 2007–2014 гг. (табл. 3). В 2000 г. приросты массы тела морской сельди несколько выросли и в относительных показателях (табл. 4) были близки к таковым у прибрежной. Особенно выделяется 2017 г., когда приросты массы у представителей прибрежной группы были заметно снижены, а в процентном отношении (табл. 4) были меньше этих показателей у морской сельди.

Разница в абсолютных приростах длины была не такая значительная, как в показателях массы. Однако прибрежная сельдь отличалась большими значениями приростов, за исключением 2017 г., когда у морской сельди приросты длины превысили аналогичные величины прибрежной сельди (табл. 3, 4). Кроме того, с 2007 г. для морской сельди возрастных групп 6–8+ лет характерны большие приросты длины и массы по сравнению с этими же группами прибрежной сельди. До 2000 г. включительно они всегда были ниже.

Таблица 3

**Абсолютные годовые приросты длины и массы сельди прибрежной и морской группировок**  
**Absolute annual increase in length and weight of herring of coastal and open-sea groupings**

Группировка	Масса, г						Длина, см					
	1993	1998	2000	2007	2014*	2017	1993	1998	2000	2007	2014*	2017
Прибрежная сельдь, лет												
2	10,7	8,6	9,1	14,1	13,4	7,1	2,1	1,6	1,6	2,2	2,6	1,0
3	12,2	9,7	10,3	13,7	14,7	7,4	1,9	1,5	1,5	1,5	1,9	1,0
4	13,3	10,6	11,2	12,4	13,9	7,7	1,8	1,4	1,4	1,1	1,3	1,0
5	14,1	11,3	11,9	10,6	12,2	7,9	1,6	1,3	1,3	0,8	0,9	1,0
6	14,7	11,8	12,4	8,8	10,1	7,9	1,5	1,3	1,2	0,5	0,7	1,0
7	15,0	12,2	12,6	7,1	8,1	8,0	1,3	1,2	1,2	0,4	0,5	1,0
8+	15,1	12,4	12,8	5,6	6,4	7,9	1,2	1,1	1,1	0,3	0,3	0,9
Морская сельдь, лет												
2	6,0	3,1	7,1	5,2	6,0	5,2	1,5	1,2	1,6	1,0	1,9	1,3
3	6,9	3,3	6,7	5,6	6,7	5,6	1,4	1,1	1,3	0,9	1,6	1,2
4	7,7	3,5	5,9	5,9	7,2	5,9	1,3	1,1	1,0	0,9	1,3	1,0
5	8,3	3,7	5,1	6,1	7,6	6,2	1,2	1,0	0,8	0,8	1,1	0,9
6	8,8	3,9	4,3	6,3	7,9	6,3	1,1	1,0	0,6	0,7	0,9	0,8
7	9,2	4,0	3,5	6,4	8,2	6,5	1,0	0,9	0,4	0,7	0,8	0,7
8+	9,5	4,2	2,9	6,4	8,3	6,6	0,9	0,9	0,3	0,6	0,7	0,6

\* – данные, собранные в промысловых рейсах в осенний сезон

Таблица 4

**Относительные годовые приросты длины и массы сельди прибрежной и морской группировок**  
**Relative annual increase in length and weight of herring of coastal and open-sea groupings**

Группировка	Масса, %						Длина, %					
	1993	1998	2000	2007	2014*	2017	1993	1998	2000	2007	2014*	2017
Прибрежная сельдь, лет												
2	35,3	32,6	33,6	45,5	71,8	19,9	12,7	10,8	10,6	12,0	15,5	6,0
3	29,1	27,3	27,9	30,7	44,8	17,3	10,3	9,2	9,0	7,6	9,7	5,6
4	24,3	23,2	23,6	21,4	29,6	15,3	8,5	7,9	7,8	5,0	6,4	5,2
5	20,7	19,9	20,1	15,3	20,3	13,5	7,1	6,9	6,8	3,4	4,3	4,9
6	17,7	17,3	17,4	11,1	14,2	12,0	6,1	6,0	6,0	2,3	2,9	4,6
7	15,3	15,1	15,1	8,2	10,1	10,8	5,2	5,4	5,3	1,6	2,0	4,4
8+	13,4	13,3	13,2	6,0	7,3	9,7	4,5	4,8	4,7	1,1	1,4	4,2
Морская сельдь, лет												
2	32,6	15,9	32,7	21,0	26,7	20,8	9,2	9,1	11,4	6,3	13,1	8,0

3	27,6	14,6	23,3	18,4	23,0	18,4	7,8	8,0	8,0	5,5	9,8	6,6
4	23,7	13,4	17,1	16,3	20,0	16,3	6,7	7,1	5,8	4,8	7,6	5,5
5	20,6	12,4	12,7	14,5	17,6	14,6	5,8	6,3	4,3	4,2	6,0	4,6
6	18,1	11,5	9,5	13,0	15,6	13,1	5,1	5,6	3,2	3,7	4,8	3,9
7	16,0	10,7	7,2	11,6	13,8	11,8	4,5	5,1	2,4	3,3	3,9	3,3
8+	14,2	10,0	5,5	10,5	12,4	10,7	4,0	4,6	1,8	2,9	3,2	2,8

\* – данные, собранные в промысловых рейсах в осенний сезон

Уравнения Л. Бергаланфи для двух группировок сельди и в обобщенном виде на исследованной акватории за весь рассматриваемый период имеют следующий вид (табл. 5). По результатам теоретических расчетов длины и массы по возрастным группам 1–8+ лет с 1993 г. по 2017 г. скорость роста прибрежной сельди в среднем была наиболее высокой (рис. 3). Масса и длина морской сельди во всех возрастных группах были заметно ниже.

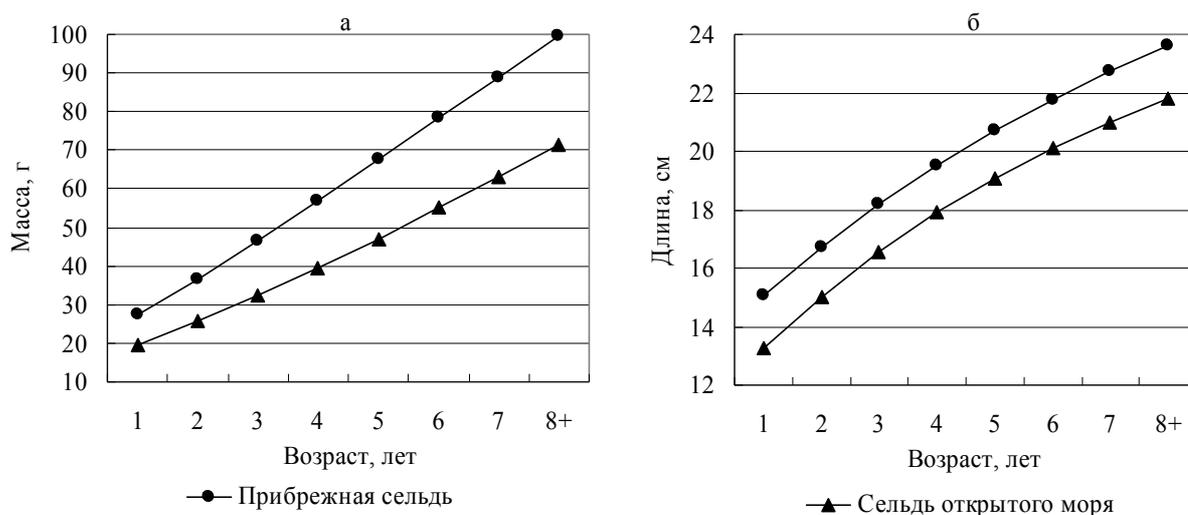


Рис. 3. Весовой (а) и линейный (б) рост балтийской сельди  
Fig. 3. Weight (a) and linear (б) growth of Baltic herring

Таблица 5

**Уравнения Л. Бергаланфи для сельди и ее группировок  
Von Bertalanffy equations calculated for herring and its groupings**

Группировка	Уравнение Л. Бергаланфи	
	Весовой рост	Линейный рост
Сельдь без разделения на группировки	$W_t = 116,4(1 - e^{-0,12(t+1,12)})^3, r=0,93 (7)$	$L_t = 26,3(1 - e^{-0,12(t+1,1)}) , r=0,94, (8)$
Прибрежная сельдь	$W_t = 245,0(1 - e^{-0,11(t+1,2)})^3, r=0,98 (9)$	$L_t = 31,5(1 - e^{-0,11(t+1,2)}) , r=0,98, (10)$
Сельдь открытого моря	$W_t = 324,7(1 - e^{-0,06(t+1,6)})^3, r=0,99 (11)$	$L_t = 39,1(1 - e^{-0,06(t+1,6)}) , r=0,99, (12)$

**Обсуждение**

Полученные результаты по характеру роста сельди на акватории ИЭЗ РФ вполне соответствуют литературным данным, полученным для близлежащих акваторий [Федотова, Тылик, 2009; Федотова, 2010; ICES, 2018]. Все эти данные свидетельствуют о сохранении низкой скорости роста в 1974–2017 гг., несмотря на некоторое повышение средней массы в последние годы [ICES, 2018].

Скорость роста сельди в российской зоне в последнее десятилетие стала выше, в отличие от начала 1990-х гг., но все же она была ниже значений, характерных для периода 1970–1980-х годов. В литовских водах в 1976–1981 гг. скорость роста была значительной ( $K=0,7$ ), а в последующие годы (1986–1990 и 2000–2005 гг.) она снизилась ( $K=0,3–0,2$  соответственно) [Федотова, Тылик, 2009]. В российской зоне 26 подрайона ИКЕС скорость роста сельди в 1993–2017 гг. была приблизительно на таком же уровне, изменяясь от 0,1 до 0,3. Колебания скорости роста при отсутствии существенных изменений гидрологических условий и количества псевдокалянуса [ICES, 2018; Lindegren, 2012] в последние годы, по всей видимости, связаны с разными факторами.

Один из таких факторов – изменения численности конкурентного по питанию вида. Количество шпрота резко увеличивалось с 1992 г. Это совпало с низкими величинами скорости роста сельди вплоть до начала 2000-х годов. Позже численность шпрота стала снижаться, поднимаясь лишь в отдельные годы (2003–2006 гг.), что предшествовало снижению темпа роста сельди в 2007 г. В последнее время (2015–2017 гг.) зафиксирован рост численности шпрота, а также появилось урожайное поколение сельди 2014 г. Это в совокупности, вероятно, вызвало снижение скорости роста сельди в 2017 г.

Динамика численности различных по скорости роста внутривидовых группировок на акватории российской зоны в 26-м подрайоне ИКЕС имеет групповую специфику (рис. 4).

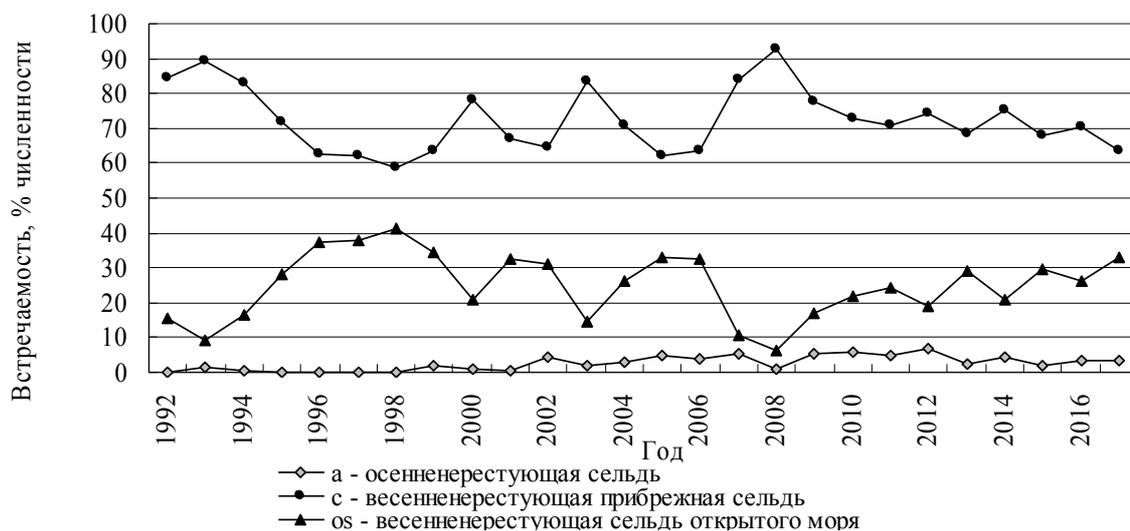


Рис. 4. Встречаемость группировок сельди в российских промысловых уловах в 26-м подрайоне ИКЕС в 1992–2017 гг., % численности

Fig.4. Occurrence of herring groupings in the Russian commercial catches in the ICES Subdivision 26 in 1992–2017, % of abundance

В 1994–1999 гг. численность морской сельди в российских уловах была высокой, превышая в отдельные годы 40 % выловленных рыб [Труфанова, 2014]. Подобная ситуация наблюдалась в аналогичный период и в литовских водах [Федотова, 2010]. В 2000–2008 гг. доля прибрежной и морской сельдей в уловах колебалась в противофазе. Максимальное количество особей группировки прибрежной сельди было отмечено в 2000, 2003 и 2008 гг., а морской – в 2001 и 2005 гг. С 2009 по 2017 г. встречаемость прибрежной сельди была высокой, но с заметной тенденцией к росту доли морской сельди в вылове. В последние годы в уловах на акватории не только 26-го подрайона, но и всего Балтийского моря также отмечался рост численности медленно растущей сельди, мигрирующей из северных подрайонов, а в некоторых районах и ее доминирование [ICES, 2018]. Встречаемость осеннерестующей сельди на протяжении 1992–2017 гг. незначительно выросла. Поэтому данная группировка не имеет существенной роли в промысле сельди.

Представители доминирующих в уловах группировок сельди характеризуются разными скоростями роста, приростами длины и массы. Внутри каждой группы эти параметры изменялись в отдельные годы. В некоторые годы (2000 г. и 2017 г.) рост быстрорастущей группировки прибрежной сельди снижался до уровня морской и наоборот, годовые приросты морской сельди были приближены к значениям таковых у прибрежной (2000 г.).

Изменчивость роста представителей внутривидовых группировок, в свою очередь, подвержена влиянию численности поколений самой сельди. Рост сельди является плотно-зависимым процессом, при увеличении количества особей рост их замедляется вследствие конкуренции за пищевой ресурс [Casini, 2010]. Поэтому вероятно, что снижение величины приростов и скорости роста прибрежной сельди в 2017 г. объясняется появлением урожайного поколения в 2014 г.

В современный период температура поверхности воды Балтики имеет тенденцию к росту, но соленость поверхностного слоя не увеличивается, а численность псевдокалянуса находится на характерном для конца 1990 – начала 2000-х гг. уровне [ICES, 2018; Lindegren et al., 2012]. Поэтому в целом условия для интенсивного роста сельди неблагоприятны.

Наши результаты свидетельствуют о некоторой повторяемости изменений скорости роста сельди на акватории ИЭЗ РФ. Как уже было отмечено выше, в середине прошлого столетия изменение средней массы сельди носило циклический характер [Костричкина и др., 1982]. Чтобы установить, так ли это, в настоящее время потребуются дальнейшее изучение этого вопроса с привлечением материалов по абиотическим факторам.

## Выводы

1. Зависимость между длиной и массой у сельди описывается степенной функцией  $W = 0,005L^{3,08}$ . Рост сельди близок к изометрическому, о чем говорит полученный эмпирический коэффициент  $w_1$ , величина которого несколько выше трех.

2. Получены уравнения весового и линейного роста сельди на акватории ИЭЗ РФ в 26-м подрайоне ИКЕС:  $W_t = 116,4(1 - e^{-0,12(t+1,12)})^3$ ,  $L_t = 26,3(1 - e^{-0,12(t+1,1)})$ . Для группировки прибрежной сельди эти уравнения имеют вид:  $W_t = 245,0(1 - e^{-0,11(t+1,2)})^3$ ,  $L_t = 31,5(1 - e^{-0,11(t+1,2)})$ . Для морской:  $W_t = 324,7(1 - e^{-0,06(t+1,6)})^3$ ,  $L_t = 39,1(1 - e^{-0,06(t+1,6)})$ .

3. Скорость весового и линейного роста балтийской сельди на российской акватории 26-го подрайона изменялась с некоторой периодичностью. Минимальные значения этого параметра ( $K = 0,1$ ) наблюдались в 1993 и 2007 гг. Годы с несколько большей величиной ( $K = 0,2$ ) – 1998 и 2000 гг. В 2014 г. зафиксирован максимальный коэффициент роста (0,3), после чего к 2017 г. он снизился до 0,2.

4. Прибрежная сельдь в течение рассматриваемого периода (1993–2017 гг.) характеризовалась низкой скоростью роста ( $K = 0,1$ ), за исключением 2007 и 2014 гг. ( $K = 0,3$ ). Рост сельди открытого моря также был замедленным ( $K = 0,1$ ), но в 2000 г. был зафиксирован максимум скорости ее роста ( $K = 0,3$ ).

5. Абсолютные и относительные годовые приросты массы и длины у представителей группировки прибрежной сельди были больше, чем у морской, за исключением 2000 и 2017 гг. Высокие значения приростов наблюдались у сельди открытого моря в 2000 г., а в 2017 г. существенно снизились величины приростов у сельди прибрежной группировки.

6. Характер роста группировок балтийской сельди на акватории 26-го подрайона ИКЕС подвержен влиянию абиотических условий, изменений кормовой базы, численности конкурента – шпрота [Casini, 2010; ICES, 2018], а также зависит от численности запаса самих группировок и их соотношения на акватории подрайона.

7. Скорость роста сельди остается низкой в многолетнем масштабе (1974–2017 гг.) [ИКЕС, 2018], несмотря на некоторое ее увеличение в течение последнего десятилетия на акватории ИЭЗ РФ 26-го подрайона ИКЕС, достигая в отдельные годы значений коэффициента роста 0,3.

### Благодарности

Выражаю сердечную благодарность Н.В. Красовской за возможность использования материалов по возрастным пробам балтийской сельди за 1993–2012 гг., а также Ч.М. Нигматуллину, Н.А. Барковой и Т.Г. Васильевой за ценные замечания и консультации.

### Список литературы

Костричкина Е.М. [и др.]. Многолетняя динамика темпа роста сельди в балтийском море в связи с изменениями океанографических условий и обеспеченности пищей / Костричкина Е.М., Оявеер Э.А., Раннак Л.А., Юрковский А.К., Юла Э.А. // *Fischerei forschung*, 1982. Вып. 20. Т. 1. С. 37–42.

Лишев М.Н., Кикуте С.К., Фреймане С.О. Исследование темпа роста салаки // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря, 1967. Вып. 3. С. 15–48.

Методическое пособие по сбору и первичной обработке биостатистических материалов на промысловых судах в водах юго-восточной части Балтийского моря. / Карпушевский И.В., Константинов В.В., Амосова В.М., Зезера А.С., Дмитриева М.А., Карпушевская А.И. // Калининград: АтлантНИРО, 2013. 85 с.

Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 261 с.

Оявеер Э.А. Балтийские сельди (биология и промысел). М.: Агропромиздат, 1987. 205 с.

Программа научно-исследовательского рейса СТМ К-1711 «АТЛАНТНИРО» в Балтийском море в октябре 2016 г.». Калининград: АтлантНИРО, 2016. 15 с.

Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. М.: Высш. школа, 1982. 208 с.

Труфанова И.С. Экологическая и размерно-возрастная структура российских промысловых уловов сельди балтийской (салаки) (*Clupea harengus membras* L.) в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря в 1998-2013 годах // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010-2013 гг. Труды АтлантНИРО. 2014. Т. 1. С. 28–40.

Труфанова И.С. Сезонное распределение российских уловов и размерно-возрастного состава балтийской сельди *Clupea harengus membras* в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря в 1992-2015 годах // Труды АтлантНИРО. Новая серия. 2017. Том 1, № 3. Калининград: АтлантНИРО. С. 91–20.

Федотова Е.А. Промыслово-экологическая характеристика балтийской сельди (*Clupea harengus membras* L.) в исключительной экономической зоне Литвы: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Калининград: КГТУ, 2010. 24 с.

Федотова Е.А., Тылик К.В. Изменение темпа роста балтийской сельди в экономической зоне Литвы Балтийского моря // Рыб. хоз-во, 2009. № 2. С. 62–64.

Шибяев С.В. Промысловая ихтиология: Учебник. СПб.: «Перспект Науки», 2007. 400 с.

Aro E. A review of fish migration patterns in the Baltic // Rapport et Procès Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer., 1989. Vol. 190. P. 72–96.

Cardinale M., Arrhenius F. Is the Decrease in Growth Rate of Atlantic Herring in the Baltic Sea Density-Dependent? A geostatistical application // Herring: Expectations for a New Millenium. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-04, 2001. P. 153–154.

*Casini M.* [et al.]. Linking fisheries, trophic interactions and climate: threshold dynamics drive herring growth in the central Baltic Sea / Casini M., Bartolino V., Molinero J.C., Kornilovs G. // Mar. Ecol. Prog. Ser., 2010. Vol. 413. P. 241–252.

*Flinkman J.* [et al.]. Changes in northern Baltic zooplankton and herring nutrition from 1980s to 1990s: top-down and bottom-up processes at work / Flinkman J., Aro E., Vuorinen I., Viitasalo M. // Mar. Ecol. Prog. Ser., 1998. Vol. 165. P. 127–136

ICES, 2018 Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS), 6–13 April 2018, ICES HQ, Copenhagen, Denmark. 727 pp.

*Kompowski A.* The types of otoliths in herring from the Southern Baltic // Prace Morskiego Instytutu Rybackiego, 1969. ICES CM 1969/H:12. 17 p.

*Lindegren M.* [et al.]. Early Detection of Ecosystem Regime Shifts: A Multiple Method Evaluation for Management Application / Lindegren M., Dakos V., Groger J.P., Gardmark A., Kornilovs G. // PLoS ONE, 2012. Vol. 7. 7. 9 p.

*Popiel J.* Differentiation of the biological groups of herring in the Baltic // Rapp. P.-V. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 1958. Vol. 143. P.114–121.

*Popiel J.* On the biology of the Baltic Herring // Reports of the Sea Fisheries Institute. Gdynia, 1984. № 19. P. 1–7.

*Rahikainen M., Stephenson R.L.* Consequences of growth variation in northern Baltic herring for assessment and management // ICES J. Mar. Sci., 2004. Vol. 61. P. 338–350.

*Raid T.* [et al.]. Principal developments in the structure and dynamics of main fish stocks in the northeastern Baltic in the 1990s within the context of environmental changes/ Raid T., Jarvik A., Kaljuste O., Lankov A., Dreves T. // ICES Marine Science Symposia, 2003. Vol. 219. P. 433–436.

WGBIFS, 2014 Manual for international Baltic acoustic surveys (IBAS). ICES, Gdynia, Poland, 2014. 28 pp.

*Wyszynski M.* The influence of thermal conditions on the biology of herring (*Clupea harengus membras* L.) in the Central Baltic // ICES J. Mar. Sci., 1989. V. 190. P. 173–177.