

## Водные биологические ресурсы

УДК 597.587.2–152.6(261.74)

**Особенности использования индексов пополнения  
в прогнозировании динамики запаса скумбрии  
Центрально-Восточной Атлантики***Н.М. Тимошенко*

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «АтлантНИРО»), г. Калининград

E-mail: timoshenko@atlantniro.ru

Выполняемые в ЦВА с 2003-го года съёмки пополнения обеспечивают получение статистически надёжных индексов численности нулевой и первой возрастных групп скумбрии. Значение первого из них для регулирования эксплуатации запаса снижается двумя обстоятельствами. При появлении урожайных поколений 0-группа становятся объектом кошелькового промысла уже в первые месяцы жизни, физиологические кондиции ухудшаются, нарушается схема онтогенетических перемещений. Получаемые на съёмках в конце года индексы этой группы в таких случаях плохо согласуются с получаемыми годом позже индексами численности годовиков. Такая корреляция наблюдается только при умеренных значениях численности пополнения. Для прогноза численности годовиков приемлемой основой является сочетание показателей интенсивности апвеллинга и сезонной дислокации Сенегало-Мавританского гидрологического фронта. Эта численность оказывается тем выше, чем логичнее складывается развитие гидрологической ситуации, то есть когда динамика широтных перемещений фронта согласуется с интенсивностью апвеллинга.

**Ключевые слова:** индекс численности, съёмка пополнения, Центрально-Восточная Атлантика, скумбрия *Scomber colias*

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время, когда накоплено значительное количество материалов о жизненных циклах и промысловом потенциале стайных пелагических рыб Центрально-Восточной Атлантики (ЦВА), нет принципиальных препятствий для эксплуатации их запасов на рациональной основе. По результатам моделирования их динамики ежегодно предлагаются ориентиры управления промыслом. Однако не для всех видов удаётся получать оценки удовлетворительного качества. В итоге нередко рекомендации принимаются не для отдельных,

а суммарно для нескольких видов, как это делается для ставриды региона [Report of the FAO, 2017]. Административные меры также не всегда дифференцируются по видам рыб. Так, в центральной части марокканского шельфа для кошельковых судов лимитируется годовая величина, но не видовой состав вылова. В южной части этого шельфа в 2018-м году допустимая величина общего вылова была снижена на 15%, но также без разделения по видам. Для составления более конкретных рекомендаций нужны как строгое следование схемам сбора актуальных биостатистических данных,

так и получение надёжных данных о пополнении. Последняя задача успешно решается для видов, составляющих основу вылова в регионе.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Использованы материалы съёмок пополнения, выполняемых ФГБНУ «АтлантНИРО» в ЦВА в сотрудничестве с марокканскими и мавританскими учёными. С целью оценки качества информации для регрессионных зависимостей между индексами пополнения скумбрии *Scomber colias* Gmelin, 1789 в регионе и океанологическими предикторами вычислялись показатели авто- и интеркорреляции [Елисеева, Юзбашев, 2005]. Для характеристики положения Сенегало-Мавританского гидрологического фронта использована средняя широта положения изотермы поверхностной температуры 22 °С. В качестве показателя интенсивности апвеллинга принята разность поверхностных температур вблизи берега и над материковым склоном.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Серия съёмок пополнения начата в 2003 г. После 2011 г их акватория была ограничена параллелями 20°46'–32°35' с.ш. Это снизило представительность индексов пополнения некоторых видов, но к таковым не относится скумбрия, пополняющие возрастные группы которой почти полностью сосредоточены

в пределах указанной акватории. В некоторые годы съёмки выполнять не удавалось, поэтому актуальным стал поиск возможностей замены фактических индексов прогнозными величинами.

Съёмка обеспечивает получение индексов численности как нулевой, так и первой возрастных групп скумбрии с хорошей статистической достоверностью [Тимошенко, Виницкий, 2007]. Оценка величины индекса выполняется в конце года уже после частичного использования 0-группы кошельковым промыслом. В уловах траулеров России в ЦВА эта группа составляет незначительный процент — в 2017-м году, например, всего 2,4% по массе. В интернациональных уловах в ЦВА 0-группа в заметном количестве впервые появилась только в 2006-м году и впоследствии встречалась в них не ежегодно. Соответственно, невелико и значение этих индексов в качестве источника настройки когортных программ динамики численности. В большей степени они полезны как источник данных об ожидаемой величине индекса годовиков в следующем году. В 2003–2011 гг., когда съёмки выполнялись ежегодно, прослеживалась связь между индексами одного поколения в смежные годы (рис. 1). В дальнейшем такая связь исчезла, причиной чего можно считать появление поколений необычно высокой численности со своими особенностями роста, распределения

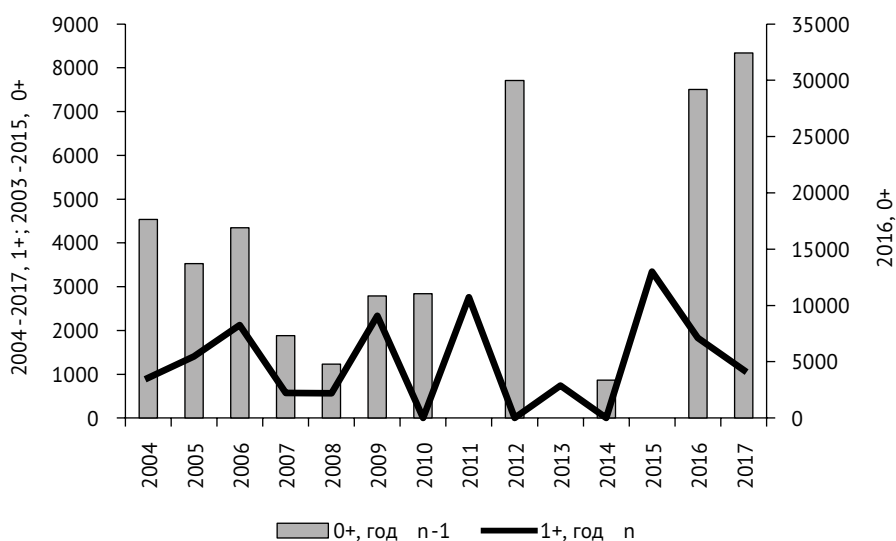
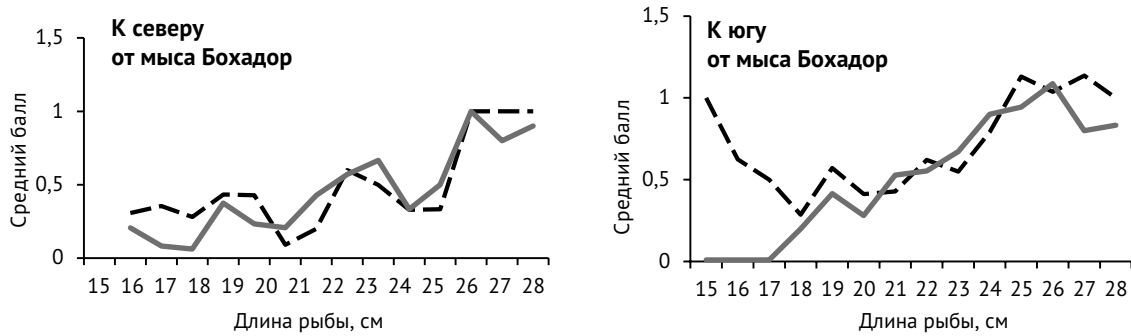


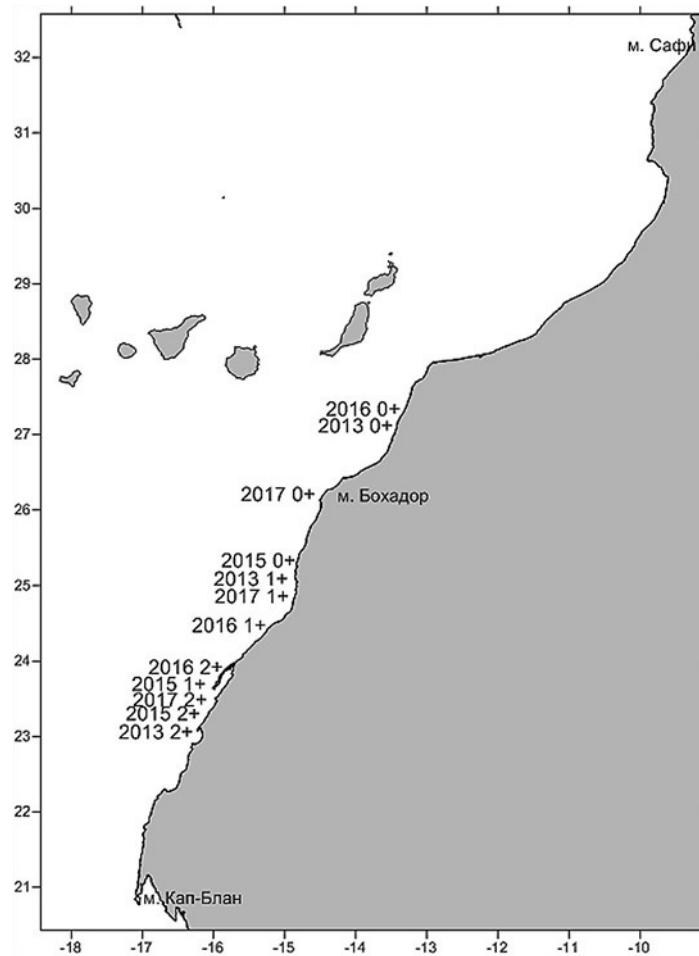
Рис. 1. Индексы нулевой и первой возрастных групп скумбрии на съёмках пополнения в ЦВА, млн. экз.



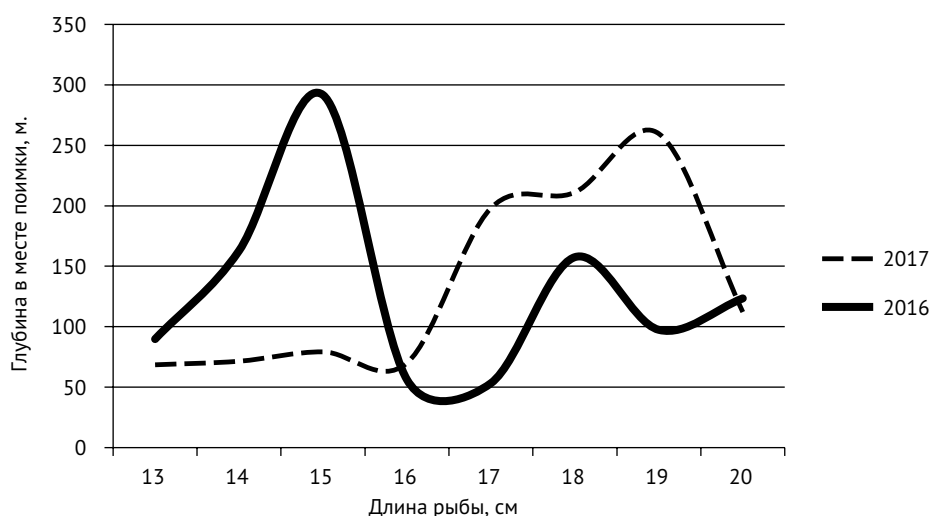
**Рис. 2.** Средняя величина индексов содержания жира на внутренностях скумбрии на съёмках пополнения в 2016 (сплошная линия) и 2017 гг.

и онтогенетических перемещений. Самое многочисленное появилось в 2016-м году. В условиях плотного заселения шельфа 0-группой для неё были характерны пониженные физиологические кондиции (рис. 2).

Обычным для подрастающей скумбрии является процесс постепенного смещения вдоль шельфа ЦВА к югу [Тимошенко, Провоторова, 1999]. Это подтверждается, в частности, материалами съёмки (рис. 3). Однако



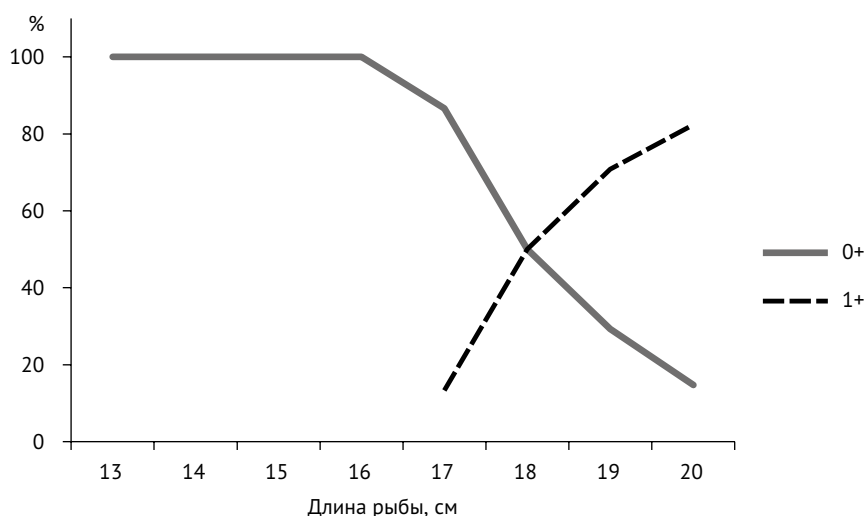
**Рис. 3.** Средние величины широт распределения поколений скумбрии в возрасте от 0 до 2 на съёмках пополнения в 2013–2017 гг.



**Рис. 4.** Средние величины глубин на участках вылова скумбрии разных модальных размеров на съёмках пополнения

при повышенной численности 0-группы этот процесс затрудняется сочетанием её распределения и динамики водных масс. Рис. 4 показывает, что, в отличие от нормального по численности поколения 2017-го года, аномально богатое предыдущее поколение удерживалось над кромкой шельфа. Это в особенности характерно для рыб с длиной тела 14–15 см, которые и составляли основу индекса 0-группы (рис. 5–6). Именно здесь наряду с подповерхностными струями Канарского течения на глубине в среднем 200 м на съёмках отмечались потоки противоположного направления, фиксировавшиеся и в других экспедициях

[Oceanographic and biological ..., 2015]. В ходе суточных вертикальных миграций 0-группа в 2016-м году попеременно оказывалась вовлечённой в оба потока, в итоге оставаясь на одном месте. Здесь, между мысами Бохадор и Сафи, в 2016 г. найдено 88% всей зарегистрированной съёмкой численности генерации. Можно полагать, что при упомянутых физиологических характеристиках и высокой плотности заселения убыль от естественных причин увеличивалась. Важно также, что участок традиционно интенсивно используется местным кошельковым флотом для промысла сардины и мелкой скумбрии. Как следует из рис. 7, вы-



**Рис. 5.** Скумбрия. Размерно-возрастные соотношения в северной части полигона съёмки в 2016-м году

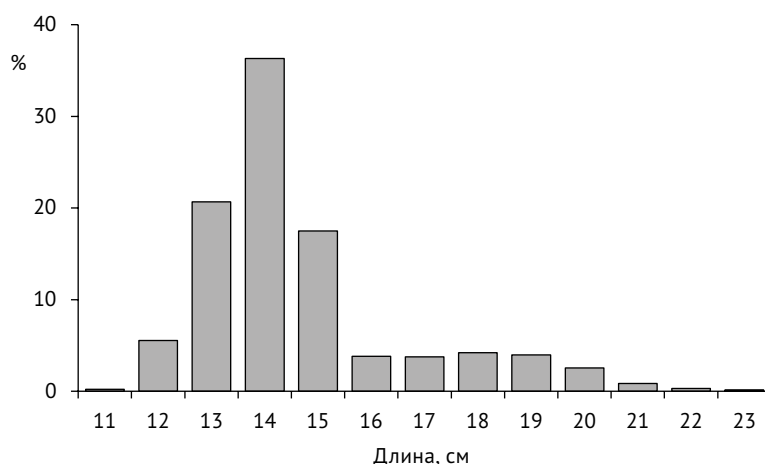


Рис. 6. Размерный состав скумбрии севернее мыса Бохадор на съёмке пополнения в 2016-м г.

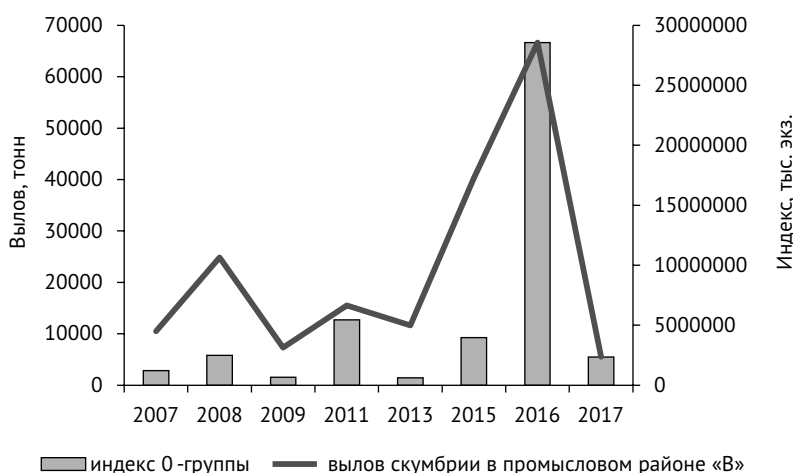


Рис. 7. Индексы 0-группы скумбрии на учётных съёмках СТМ “Атлантида” севернее мыса Бохадор и вылов скумбрии кошельковыми судами в основном районе их промысла, также севернее этого мыса

лов последней увеличивается именно при появлении урожайных поколений. В 2016 г. 76% особей в кошельковых уловах здесь составляла 0-группа.

Указанные процессы при появлении чрезвычайно урожайных поколений нарушают зависимость между численностью рыб 0-группы и их численностью год спустя. Многочисленные особи 0-группы из северной части шельфа в таких случаях не уходят на юг, остаются вблизи мест выклева в качестве бонуса для кошелькового флота и не вносят большого вклада в формирование численности годовиков. Эта численность складывается из пополнения в южной части полигона и отчасти из наиболее быстро растущих или рано появившихся на свет особей, которые на севере удерживаются

вблизи берега и используют энергию Канарского течения для смещения к югу.

Индекс численности годовиков определяется на съёмке в конце второго года жизни. Полезными предикторами для прогноза их численности оказываются условия выживания, определяющиеся сочетанием интенсивности апвеллинга в период нереста и положения СМФ после его окончания (рис. 8). Первым обстоятельством, судя по коэффициенту детерминации, можно объяснить 40%, вторым — 34% прогнозируемого параметра.

В последовательностях этих предикторов не обнаруживается автокорреляций (табл. 1), то есть ряды не содержат тенденций и циклических колебаний. Есть признаки незначительной интеркорреляции (табл. 2), которая объяс-

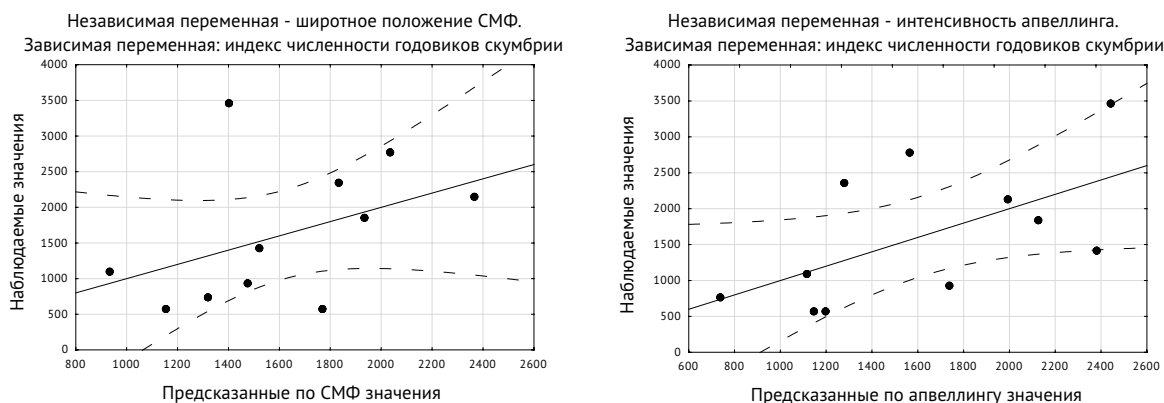


Рис. 8. Результаты прогноза численности годовиков скумбрии по положению гидрологического фронта (слева) и интенсивности апвеллинга

Таблица 1. Проверка наличия автокорреляций в рядах значений индексов численности скумбрии в возрасте одного года в год  $n$ , индексов апвеллинга на широте м. Кап-Блан в период нереста скумбрии (средний индекс в октябре — марте) и среднего широтного положения Сенегало-Мавританского гидрологического фронта в апреле-июле.

Линейные коэффициенты автокорреляции ( $r$ ), нормированные отклонения ( $t$ )	Индекс 1+	Апвеллинг	СМФ
$r_{n, n-1}$	-0,07	0,29	0,49
$t_{набл}/t_{крит}$	0,24/2,26	1,02/2,26	2,09/2,26
$r_{n, n-2}$	-0,26	-0,35	-0,32
$t_{набл}/t_{крит}$	0,86/2,31	1,24/2,31	1,09/2,31
$r_{n, n-3}$	0,02	-0,53	0,33
$t_{набл}/t_{крит}$	0,04/2,36	2,06/2,36	1,06/2,36

Таблица 2. Линейные коэффициенты парной корреляции

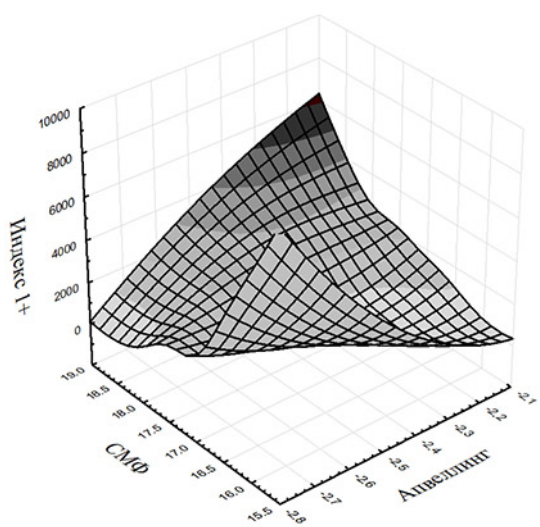
	Индекс 1+	Апвеллинг	СМФ
Индекс 1+	1	-0,59	0,44
Апвеллинг	-0,59	1	-0,35
СМФ	0,44	-0,35	1

нима — движение фронта к северу тормозится при интенсификации апвеллинга. Логика присутствует и при графическом сопоставлении динамики предикторов с накопленными значениями численности годовиков — смещение СМФ к северу после ослабления апвеллинга вблизи мыса Кап-Блан является нормальным процессом и способствует появлению высокого индекса пополнения (рис. 9). Противоположное сочетание условий, когда при слабом апвеллинге СМФ остается далеко на юге, нельзя назвать нормальным, оно сопровождается появлением слабого индекса пополнения. И, на-

оборот, усиление апвеллинга приводит к росту пополнения только при связанном с этим замедлении сезонного смещения фронта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на удовлетворительные статистические характеристики получаемых на учётных съёмках индексов пополнения 0-группы скумбрии, использование их в прогнозировании состояния запаса осложняется как частичным промысловым изъятием до проведения съёмок, так и различиями в условиях выживания обычных и экстремально урожайных поколе-



**Рис. 9.** График зависимости индекса численности годовиков скумбрии на съёмках пополнения в ЦВА в год  $n$  от интенсивности апвеллинга на широте мыса Кап-Блан в октябре года  $n-2$  — марте года  $n-1$  и среднего широтного положения ( $^{\circ}$ с.ш.) гидрологического фронта в апреле-июле года  $n-1$

ний. При обычном уровне их численности индекс 0-группы приемлем для прогноза численности годовиков. При экстремально высоких индексах соответствующая корреляция исчезает. В обоих случаях величину индекса численности годовиков можно с полуторагодовой заблаговременностью предсказать по значениям характеристик апвеллинга и гидрологического фронта, которые тоже поддаются прогнозированию [Малинин, Чернышков, 2002].

#### ЛИТЕРАТУРА

- Елисева И.И., Юзбашев М.М. 2005. Общая теория статистики. М.; Финансы и статистика, 657 с.
- Малинин В.Н., Чернышков П.П., Гордеева С.М. 2002. Канарский апвеллинг: крупномасштабная изменчивость и прогноз температуры воды. СПб.: Гидрометеоздат. 154 с.
- Тимошенко Н.М., Провоторова А.Н. 1999. Механизм приспособления молоди скумбрии к особенностям динамики вод Канарского апвеллинга // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана. Труды Межд.науч. конф. Тез. докл. Т. 1. Владивосток. 27–29 09.1999 г. С. 165–166.
- Тимошенко Н.М., Винницкий П.А. 2007. Планирование, результаты и совершенствование количественного учёта пополнения пелагических рыб Центрально-Восточной Атлантики // Промыслово-биологические исследования ФГУП «АтлантНИРО» в 2004–2005 гг. Т. 1. Условия среды, методы исследования, динамика численности гидробионтов и промышленное рыболовство. Калининград. С. 72–76.
- Report of the FAO working group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa. Nouadhibou, Mauritania, 22–27 May 2017, 298 p. Accessible via: <http://www.fao.org/3/i8896b/i8896B.pdf>
- Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. 2015. / Valdés, L., Déniz-González, L. (eds). IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series, No. 115: 383 pp.

Поступила в редакцию 28.09.2018 г.  
Принята после рецензии 16.10.2018 г.

## Aquatic biological resources

**Peculiarities of recruitment indices application in forecasting the chub mackerel stock dynamics in the Eastern-Central Atlantic***N.M. Timoshenko*

Atlantic Fisheries Research Institute (FSBSI «AtlantNIRO»), Kaliningrad

The recruitment surveys carried out in the Eastern-Central Atlantic since 2003 provide statistically reliable abundance indices of the 0- and 1-old age groups of chub mackerel. The significance of the first ones for the stock control is dwindled by two circumstances. When the strongest generations appear, 0-group becomes an object of purse seining, for the first months of life, the physiological conditions worsen, and pattern of ontogenetic movements alters. In such cases, the 0-group survey indices obtained in the end of year do not correlate well with the indices of 1-group obtained one year later. Those correlations are observed at moderate level of recruitment only. The combination of indicators of the upwelling intensity and the seasonal dislocation of the Senegalese-Mauritanian hydrological front seems to be as an acceptable basis to predict abundance of one-year-old fishes. This abundance is the higher the more logically hydrological situation develops, that is, when the dynamics of latitudinal movements of the front is consistent with the upwelling intensity.

**Keywords:** Abundance index, recruitment survey, Eastern-Central Atlantic, chub mackerel *Scomber colias*

## REFERENCES

- Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M.* 2005. Obshchaya teoriya statistiki [General Theory of Statistics]. M.; Finansy i statistika, 657 s.
- Malinin V.N., Chernyshchikov P.P., Gordeeva S.M.* 2002. Kanarskij apvelling: krunomasshabnaya izmenchivost' i prognoz temperatury vody [Canary upwelling; large-scale variability and water temperature forecast]. SPb.: Gidrometeoizdat. 154 s.
- Timoshenko N.M., Provotorova A.N.* 1999. Mekhanizm prisposobleniya molodi skumbrii k osobennostyam dinamiki vod Kanarskogo apvellinga [Mechanism of adaptation of *Scomber colias* juveniles to peculiarities of the Canary upwelling water dynamics] // Rybokhozyajstvennye issledovaniya Mirovogo okeana. Trudy Mezhd.nauch. konf. Tez. dokl. T. 1. Vladivostok. 27–29.09.1999 g. S. 165–166.
- Timoshenko N.M., Vinnitskij P.A.* 2007. Planirovanie, rezul'taty i sovershenstvovanie kolichestvennogo ucheta popolneniya pelagicheskikh ryb Tsentral'no-Vostochnoj Atlantiki [Planning, results and improvement of quantitative assessment of recruitment of pelagic fish of the Eastern-Central Atlantic] // Promyslovo-biologicheskie issledovaniya FGUP «AtlantNIRO» v 2004–2005 gg. T. 1. Usloviya sredy, metody issledovaniya, dinamika chislennosti gidrobiontov i promyshlennoe rybolovstvo. Kaliningrad. S. 72–76.
- Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem.* 2015. / Valdés, L., Déniz-González, L. (eds). IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series, No. 115: 383 pp.
- Report of the FAO working group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa.* Nouadhibou, Mauritania, 22–27 May 2017, 298 p. Accessible via: <http://www.fao.org/3/i8896b/i8896B.pdf>



**TABLE CAPTIONS**

**Table 1.** Check for autocorrelations presence in the series of abundance indices of one-year-old mackerel in year  $n$ , upwelling indices at the latitude of Cap-Blanc during the spawning period (average index in October-March) and the mid-latitude position of the Senegalese-Mauritanian hydrological front in April-July.

**Table 2.** Linear factors of pair coefficients

**FIGURE CAPTIONS**

**Fig. 1.** 0- and 1-year-old chub mackerel abundance indices observed in the recruitment surveys in the Eastern-Central Atlantic, mln. specimens

**Fig. 2.** Average fat content indices of the chub mackerel during the recruitment surveys in 2016 (solid line) and 2017

**Fig. 3.** Centers of gravity of the abundance of chub mackerel 0–2 age-groups in the recruitment surveys 2013–2017

**Fig. 4.** Average depths of the tow points where chub mackerel of different modal lengths was caught during the recruitment surveys

**Fig. 5.** Chub mackerel. Age-length relationships in the northern part of recruitment survey area in 2016

**Fig. 6.** Size range of the chub mackerel north of Cape Bojador at the recruitment survey 2016

**Fig. 7.** Chub mackerel. 0-group abundance indices obtained in the recruitment surveys of RV “Atlantida” north of Cape Bojador and the annual chub mackerel catches obtained by purse seiners in the main fisheries area i. e. north of that cape

**Fig. 8.** Forecast results of the 1-year-old chub mackerel abundance according to location of hydrological front (left) and to the upwelling intensity

**Fig. 9.** Graph of 1-year-old chub mackerel abundance indices dependency on recruitment surveys off North-West Africa in the year  $n$  vs the upwelling intensity near the Cape Blanc in October of the year  $n-2$  to March of the year  $n-1$  and the mean latitudinal location of hydrological front in April-July of the year  $n-1$