

Промысловые виды и их биология

УДК 597.553.1 (262.5)

Связь возрастного распределения ставриды и интенсивности свечения планктонного сообщества в прибрежных водах Гераклейского полуострова (Чёрное море)Е.Б. Мельникова¹, Н.С. Кузьмина²¹ Институт природно-технических систем (ФГБУН «ИПТС»), г. Севастополь² Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН (ФГБУН «ИМБИ РАН»), г. Севастополь

E-mail: helena_melnikova@mail.ru, kunast@rambler.ru

Черноморская ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* является одним из массовых видов рыб пелагиали Чёрного моря. Рассмотрены межгодовые (2010–2015 гг.) изменения интенсивности свечения гидробионтов, характеризующие состояние фито- и зоопланктонного сообщества пелагиали, и определена его связь с возрастным распределением и темпами роста ставриды, обитающей в прибрежных водах юго-западного шельфа Крыма. Показано, что интенсивность свечения организмов в зимний период, характеризующая состояние планктонного сообщества пелагиали, определяет особенности его развития в последующие весенний и летний периоды и, как следствие этого, влияет на размерно-весовые характеристики и относительную возрастную численность особей ставриды в весенне-летний период в прибрежных водах Гераклейского п-ова. Изменения свечения организмов в зимний период и относительная численность годовиков и двухгодовиков в прибрежных водах характеризуются отрицательной корреляцией, то есть при уменьшении интенсивности свечения планктонного сообщества в зимний период возрастает относительное количество годовиков и двухгодовиков в весенне-летних уловах ставриды. Отмечается, что в годы, характеризующиеся в мае месяце более высокой интенсивностью свечения организмов, развитие ставриды происходит более интенсивно, особи ставриды хорошо растут и набирают вес. Это подтверждается достаточно высоким коэффициентом корреляции, который для ставриды разных возрастных групп находится в пределах $r=0,73-0,84$. Полученные результаты могут быть использованы в рыбопромысловой отрасли при прогнозировании возрастного состава и размерно-весовых характеристик ставриды в весенне-летних уловах.

Ключевые слова: интенсивность свечения, планктон, черноморская ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus*, возрастные группы, вес, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

В исследованиях состояния морской биоты в водах Чёрного моря особое место занимает изучение сезонных изменений интенсивности

свечения морских гидробионтов и создаваемого ими в толще воды суммарного светового эффекта (называемого также биолюминесценцией), являющегося важным элементом

функционирования планктонного сообщества. В черноморской пелагиали насчитывается около 30 светящихся видов [Токарев, 2006; Мельникова, 2014]. Фитопланктон, в т. ч. и светящиеся виды, имеет непосредственное отношение к обоснованию роли первичной продукции в обеспечении кормовой базы промысловых ресурсов и, в первую очередь, пелагических рыб. На основании многолетних данных выявлена прямая зависимость между биомассой фитопланктона, формирующей первичную продуктивность черноморской пелагиали, и жирностью пелагических рыб, которая связана с их обеспеченностью пищей [Сафьянова, Ревина, 1967; Ткачева, Федорина, 1973; Шульман, Урденко, 1989; Черепанов и др., 2007; Kayali, 1998; Yankova et al., 2009].

Мониторинговые исследования являются информационной базой для оценки влияния абиотических и биотических факторов на состояние водных биоресурсов Чёрного моря. Известны работы [Токарев и др., 2000; Мельникова и др., 2012], посвященные выявлению связи характеристик светящихся гидробионтов с видовым разнообразием и распределением планктонных сообществ, влиянию абиотических и биотических факторов среды на интенсивность свечения организмов.

Особое место среди абиотических факторов, оказывающих влияние на обитателей пелагиали, принадлежит таким важным гидрологическим параметрам водной среды, как температура и солёность. Влияние температуры на гидробионтов может быть как непосредственным (перегрев или переохлаждение организмов), так и косвенным (изменение темпов роста, развития, пространственного распределения, кормовой базы, условий питания и т. д.). Изменения гидрологических параметров среды чётко прослеживаются на всех трофических уровнях пелагической экосистемы и, в т. ч., на состоянии и динамике численности черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus ponticus* [Aleev, 1956], одним из массовых пелагических видов рыб.

Цель данного исследования — на основе изучения межгодовой (2010–2015 гг.) динамики состояния популяции ставриды и влияния на неё факторов среды показать связь возрастного распределения численности ставриды

и интенсивности свечения планктонного сообщества в прибрежных водах юго-западного шельфа Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования сезонной и межгодовой вариативности вертикальной структуры интенсивности свечения планктонных организмов и отлов особей черноморской ставриды проводили в юго-западной части шельфа Крымского п-ова в прибрежных водах Гераклеяского п-ова: в акватории Севастопольской бухты, в районе бухт Константиновская, Александровская, Карантинная, Стрелецкая, на траверзе б. Песочная и Круглая (рис. 1).

Для анализа межгодовой изменчивости интенсивности свечения гидробионтов и изменения численности возрастной структуры ставриды были использованы данные за шестилетний период (2010–2015 гг.).

Вертикальные распределения интенсивности свечения гидробионтов, а также фоновые характеристики пелагиали исследовали методом батифотометрического зондирования, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [Токарев и др., 2009]. Измерения на всех станциях проводили от поверхности до придонных глубин.

Отбор ихтиологических проб и их камеральную обработку проводили в соответствии с общепринятыми в практике ихтиологических исследований стандартными методами [Правдин, 1966]. В общей сложности проанализировано 3258 экз. Длину рыб измеряли с погрешностью, не превышающей 0,1 см. Выполняли промеры стандартной длины (расстояние от переднего конца рыла до конца позвоночника) с последующим объединением в размерные классы с интервалом 0,5 см. Во всех расчётах использовали только стандартную длину.

Весовые характеристики (массу тела) определяли взвешиванием на электронных весах Sartorius excellence E-2000D с погрешностью, не превышающей сотых долей грамма.

Возраст определяли по отолитам, анализ которых проводили под бинокулярным микроскопом МБС-10 при 16-кратном увеличении в проходящем свете после предварительного просветления в глицерине [Чугунова, 1952].

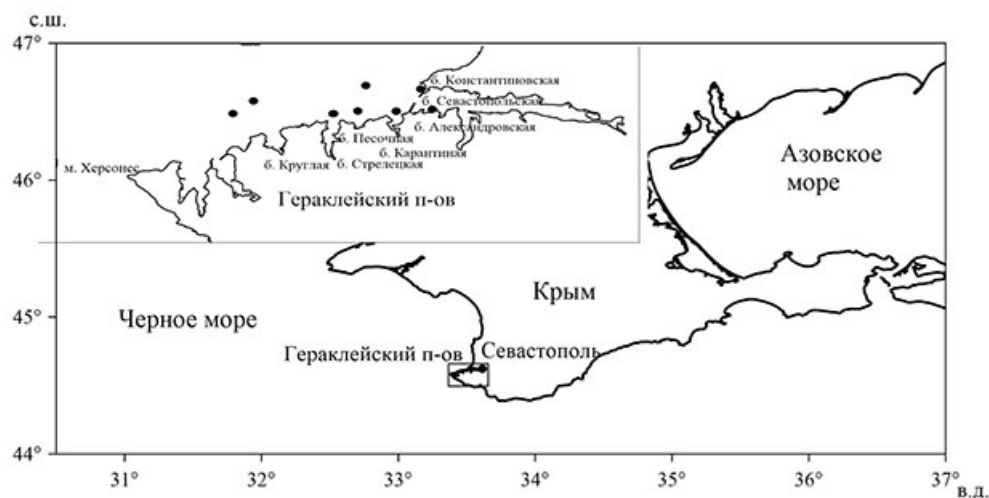


Рис. 1. Схема района исследования

Достоверность полученных результатов оценивали соответствующими статистическими методами [Рокицкий, 1961].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 изображены полученные в 2010–2015 гг. изменения среднемесячной температуры воды и интенсивности свечения планктонных сообществ в прибрежных водах Гераклейского п-ова в зимний (январь–февраль), весенний (май) и летний (июнь–июль) периоды.

Как показали проведённые исследования, характер развития планктонных сообществ в значительной степени определяется температурным режимом морской воды в наиболее холодный период года (январь–февраль).

Анализ показывает, что в зимние периоды 2010, 2011, 2015 гг. температура морской воды находилась в пределах 7,8–7,9 °С, что соответствует средним многолетним наблюдениям и позволяет характеризовать зимние периоды в эти годы как типичные для исследуемой акватории.

Температурный режим зимнего периода 2012 г. (средняя температура воды 5,7 °С) можно характеризовать как суровый, с температурами воды ниже средних многолетних, а зимние периоды 2013, 2014 гг. (средняя температура воды 8,2–8,3 °С) — как тёплые, с температурами выше средних многолетних.

Интенсивность свечения планктонного сообщества, которая тесно коррелирует с кон-

центрацией планктона и характеризует его биологическое состояние, в зимний период в типичные годы в среднем составляла 300 пВт·см⁻²·л⁻¹, в тёплые зимы 2013–2014 гг. была почти в 3 раза ниже (см. рис. 2). В холодный зимний период 2011–2012 гг. в отдельные дни температура воды была близка к температуре замерзания, что отрицательно сказалось на состоянии гидробионтных организмов, обитателей пелагиали. Интенсивность свечения организмов в январе-феврале 2012 г. была более чем в 10 раз ниже средних многолетних значений для этого периода года.

Отсюда следует, что наибольшая интенсивность свечения организмов в зимний период наблюдалась в годы с типичными многолетними зимними температурами. В годы с холодными и тёплыми зимами интенсивность свечения гидробионтов в 3–10 раз ниже, что свидетельствует об ухудшении состояния планктонного сообщества пелагиали в эти годы и, как следствие, это приводит к ухудшению кормовой базы в последующий (весенний) период.

Ставрида в зимний период питается слабо, упитанность к концу зимовки во все годы сильно снижается. Поэтому состояние фитопланктонного комплекса в данное время непосредственно не сказывается на биологическом состоянии ставриды и её упитанности.

В годы с типичными и холодными зимами на юго-западном шельфе Крыма ставрида образует плотные придонные зимовальные скопления, что обуславливает добычу основной

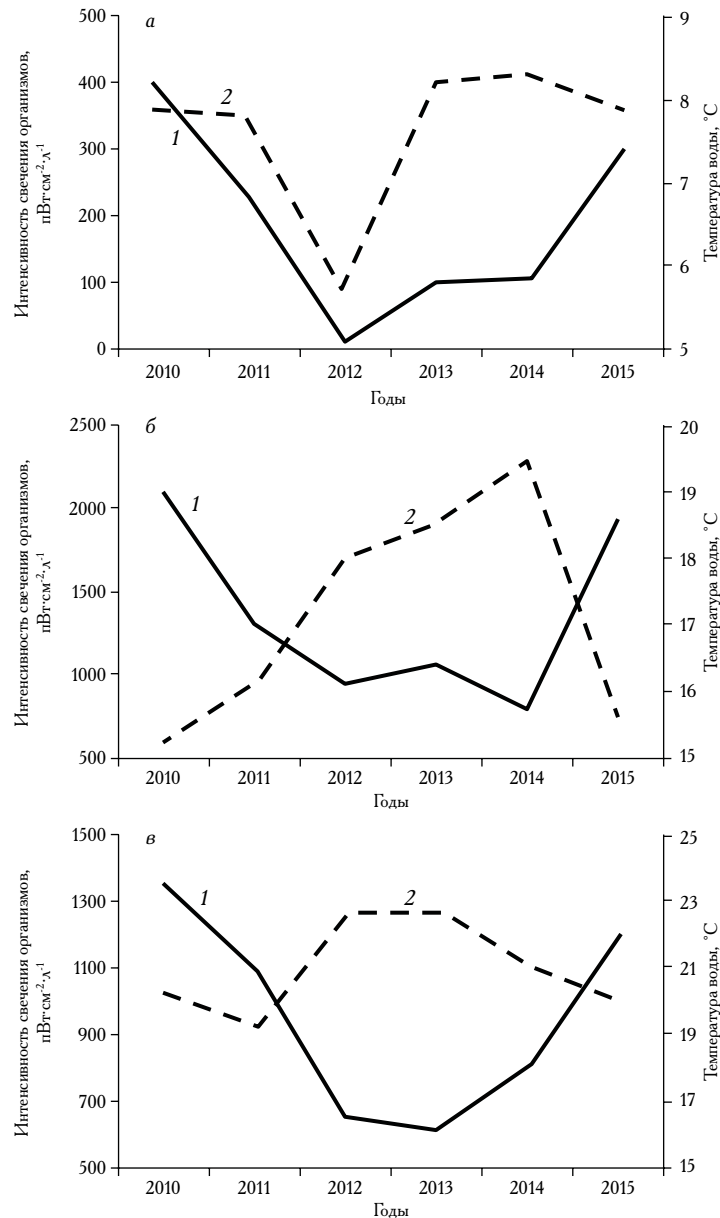


Рис. 2. Среднемесячная интенсивность свечения организмов (1) и температура воды (2) а — в зимний (январь-февраль); б — весенний (май); в-летний (июнь-июль) периоды 2010–2015 гг.

доли годового вылова ставриды именно в этот период.

В тёплые зимы (такие как в 2013 и 2014 гг.) ставрида продолжает питаться, передвигаясь в поисках корма, не образует устойчивых скоплений, поэтому она плохо облавливается. Уловы в тёплые зимы значительно снижаются.

В весенний период по мере прогревания воды в среднем до 15 °С (обычно такая температура характерна для мая месяца) начинается

подъём ставриды в верхние слои моря и миграция рыб к местам нагула и нереста.

Обеспеченность пищей ставриды, а также биологические процессы, особенности нагула и размножения в весенний период в значительной степени определяются характером предшествующего зимнего периода.

В годы с типичными зимами (2010, 2011 и 2015 гг.) вследствие ветровой активности происходило перемешивание вод и обогащение верхних слоев моря биогенными веществ-

вами, которые являются основой для развития фито- и зоопланктонных организмов. Быстрое весеннее развитие планктона в прибрежных водах Гераклеийского п-ова привело в мае месяце к повышению интенсивности свечения организмов почти в 6 раз по сравнению с зимним периодом (рис. 2б).

В районе бухт Гераклеийского п-ова за счёт небольших глубин весенний прогрев по всей толще воды происходит быстро. Среднемесячная температура воды в бухтах в мае месяце повысилась в среднем на 8 °С по сравнению с зимним периодом, солёность составила 17,78‰.

В мае месяце ставрида для нагула использует прибрежные районы. В частности, Р.М. Павловская [1973], Т.В. Дехник и Р.М. Павловская [1979] в своих работах отмечали, что икрометание ставриды в начале нерестового периода происходит в прибрежных водах, что влияет на характер колебания возрастной структуры [Архипов, 1993; Салехова, Гордина, 2005].

В мае месяце 2012 г. после холодной зимы произошёл резкий скачок температуры до 18 °С. Интенсивность свечения организмов в районе исследования значительно возросла (более чем в 80 раз) по сравнению с зимним периодом 2012 г., однако была в 2 раза ниже, чем в мае 2010–2011 гг., которые характеризовались типичными зимами. Весенний скачок температуры в большей степени повлиял на развитие кормовой базы и в меньшей степени — на нерест ставриды, который проходил практически так же, как в годы с типичными зимами.

Климатические условия 2013–2014 гг. в прибрежных водах Гераклеийского п-ова характеризовались относительно тёплым зимним и весенним периодами, средние температуры воды в январе–феврале и мае были выше средних многолетних (рис. 2а, б). В мае месяце 2013–2014 гг. наблюдался прогрев температуры до 18,5–19,0 °С, солёность составляла 17,74–17,72‰. Тёплый весенний период положительно сказался как на нересте теплолюбивой ставриды, так и на выживании икры и развитии личинок и мальков.

Интенсивность свечения организмов в этот период была несколько выше, чем в мае

2012 г., но ниже, чем в годы с типичным зимним периодом.

В летний период в годы с типичной по температурным показателям зимой (2010, 2011 и 2015 гг.) температура в июне–июле в прибрежных водах исследуемого района в среднем составляла 20 °С, солёность 17,67‰.

Интенсивность свечения организмов в июне–июле в типичные годы уменьшилась в 1,5–2 раза по сравнению с весенним периодом, но была почти в 2 раза выше, чем в другие годы. В целом, в летний период в эти годы состояние фито- и зоопланктонного комплексов пелагиали было достаточно хорошим (по сравнению с холодной и тёплой зимой), что способствовало дальнейшему развитию кормовой базы в весенне-летний период этих годов. Такое развитие кормовой базы подтверждается более высокой интенсивностью свечения гидробионтных организмов как в зимний, так и весенний и летний периоды этих лет (см. рис. 2), по сравнению с годами, характеризующимися холодной и тёплой зимами. У ставриды основной период размножения и нагула — с мая по июль. Следует отметить, что в период нереста и после него ставрида продолжает активно питаться [Алеев, 1952; Павловская, 1973; Костюченко и др., 1979; Pora, 1979; Yankova et al., 2009], и её нагул продолжается до осени.

Рассмотрим, как изменялся возрастной состав ставриды в зависимости от температурных условий зимнего периода в исследуемые годы. На рис. 3 изображено относительное возрастное распределение ставриды в весенне-летних (май–июль) уловах в прибрежных водах Гераклеийского п-ова.

При хорошо развитой кормовой базе в годы с типичным зимним периодом (2010, 2011 и 2015 гг.) в прибрежных водах Гераклеийского п-ова в весенне-летний период присутствовали особи ставриды пяти возрастных групп: годовики, двух-, трёх-, четырёх- и пятигодовики, с преобладанием двух- и трёхгодовиков (более 60%) (рис. 3). Старшие возрастные группы (четырёх- и пятигодовики) составляли в уловах до 30% от общего количества рыб.

В год с холодной зимой (2012 г.) в июне–июле температура воды была на 2 °С выше, чем в годы с типичной зимой. Это не повлияло

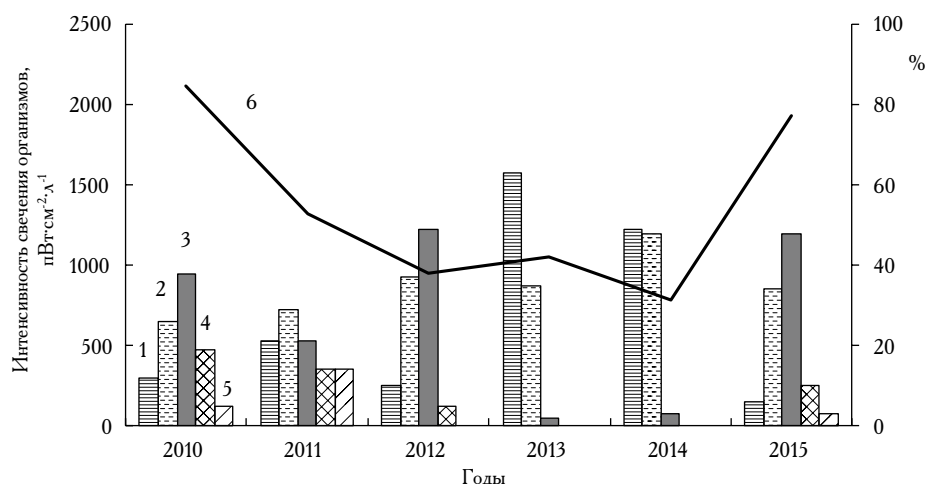


Рис. 3. Относительная численность возрастных групп ставриды и интенсивность свечения (6) организмов в весенне-летний период в прибрежных водах Гераклеяского п-ова:

1 — годовики; 2 — двухгодовики; 3 — трёхгодовики; 4 — четырёхгодовики; 5 — пятигодовики

на выживание икры, рост и развитие личинок ставриды, однако низкие зимние температуры отразились на развитии фито- и зоопланктонного комплекса. Интенсивность свечения планктонного сообщества в июне—июле 2012 г. уменьшилась в 1,6—1,8 раза по сравнению с летним периодом в типичные годы (рис. 2в), что характеризует уменьшение численности и биомассы кормового фито- и зоопланктона. Аналогичная ситуация наблюдалась и в летние периоды 2013 и 2014 гг. (годы с тёплым зимним периодом). В эти годы интенсивность свечения планктонного сообщества была в 1,5—2,0 раза ниже, чем в типичные годы, что характеризует (как и в годы с холодной зимой) уменьшение численности и биомассы кормового фито- и зоопланктона.

В суровые и тёплые зимы состояние фито- и зоопланктонного комплексов ухудшается и, как следствие этого, интенсивность свечения организмов в мае и летние месяцы снижается (см. рис. 2, 2012—2014 гг.), что указывает на недостаточно хорошее развитие кормового фито- и зоопланктона. В эти годы меняются соотношение численности и количество возрастных групп (рис. 3) по сравнению с годами с типичным зимним периодом.

Анализ показал, что в весенне-летний период холодного 2012 г. доля четырёхгодовиков значительно снизилась. Они составила лишь 5% от общей численности, пятигодовики от-

сутствовали. При этом относительная численность двух- и трёхгодовиков возросла, и они составили 85% от общей численности. Годовики составили 10%.

В тёплый зимний и весенний периоды 2013 и 2014 гг. количество возрастных классов ставриды в весенне-летний период сократилось по сравнению с типичными годами. В уловах практически отсутствовали старшие возрастные группы (четырёх- и пятигодовики). В возрастном распределении преобладали младшие возрастные группы — годовики и двухгодовики (суммарная относительная численность — более 95%), количество трёхгодовиков не превышало 3—4% (рис. 3).

Можно предположить, что при плохой обеспеченности пищей, наблюдавшейся в прибрежных водах в эти годы, старшие возрастные классы, спектр питания которых более широкий [Сафьянова, Ревина, 1967; Ткачева, Федорина, 1973; Костюченко и др., 1979] мигрировали из прибрежных районов в открытые участки моря.

Для определения влияния гидрологических условий водной среды в зимний период на биологическое состояние планктонного комплекса в последующие (весенний и летний) периоды и их влияния на возрастной состав ставриды был проведён расчёт коэффициента корреляции между интенсивностью свечения планктонного сообщества в январе-фев-

рале и относительным количеством годовиков и двухгодовиков в прибрежных водах Гераклейского п-ова в мае–июле. В результате расчёта были получены отрицательные коэффициенты корреляции:

для годовиков $r_1 = -0,45$ (уровень значимости $\alpha = 0,36$);

для двухгодовиков — $r_2 = -0,67$ (уровень значимости $\alpha = 0,13$).

Из этого следует, что при ухудшении состояния фито- и зоопланктонного комплексов, определяемого по интенсивности свечения гидробионтов, в прибрежных водах возрастает относительная численность особей ставриды младших возрастных групп (годовиков и двухгодовиков), что приводит к соответствующему уменьшению численности старших возрастных классов. И, наоборот, при хорошей кормовой базе (при увеличении интенсивности свечения организмов в зимний период) относительное количество четырёхгодовиков возрастает. Коэффициент корреляции положительный — $r_4 = 0,84$ (уровень значимости $\alpha = 0,03$). Следовательно, при хорошей обеспеченности пищей в прибрежных водах (в т. ч. и из-за подхода хамсы, являющейся основным пищевым объектом взрослой ставриды) присутствуют как младшие, так и старшие возрастные классы *Trachurus mediterraneus ponticus*.

Рассмотрим, как изменения кормовой базы, определяемой по интенсивности свечения планктонного сообщества, и изменения температуры морской воды в исследуемый период сказались на размерно-весовых характеристиках ставриды в водах Гераклейского п-ова в весенне-летний период.

В таблице приведены средние значения стандартной длины и массы ставриды и их среднеквадратические отклонения в возрастных группах в весенне-летний период 2010–2015 гг.

Из таблицы видно, что в годы с хорошо развитой кормовой базой (в годы с типичными зимами (2010, 2011 и 2015 гг.)) ставрида хорошо растёт и набирает вес.

Средний вес ставриды в эти годы возрастает, а в холодные и тёплые годы развитие ставриды происходит менее интенсивно. Так в годы с холодными зимами средний вес особей ставриды в среднем меньше на 17–30%, чем в типичные годы, а в тёплые годы — меньше примерно на 50%.

Был проведён расчёт коэффициента корреляции между изменением интенсивности свечения организмов в мае месяце в исследуемые годы и средним весом рыб в возрастных группах.

Расчёты показали, что для годовиков коэффициент корреляции составляет $r_1 = 0,84$ (уро-

Таблица. Средняя стандартная длина (*SL*) и масса (*W*) ставриды в возрастных группах в весенне-летний период (2010–2015 гг.)

Годы	Возрастные группы									
	1		2		3		4		5	
	<i>SL</i> ± <i>SD</i> , см	<i>W</i> ± <i>SD</i> , г	<i>SL</i> ± <i>SD</i> , см	<i>W</i> ± <i>SD</i> , г	<i>SL</i> ± <i>SD</i> , см	<i>W</i> ± <i>SD</i> , г	<i>SL</i> ± <i>SD</i> , см	<i>W</i> ± <i>SD</i> , г	<i>SL</i> ± <i>SD</i> , см	<i>W</i> ± <i>SD</i> , г
2010	10,8 ±0,91	14,95 ±3,01	11,8 ±0,59	19,91 ±2,72	12,5 ±0,72	24,18 ±4,56	13,8 ±0,93	32,13 ±5,59	14,9 ±0,67	38,55 ±4,38
2011	9,8 ±0,91	11,10 ±1,35	12,0 ±1,22	20,73 ±6,30	13,6 ±0,84	29,81 ±3,70	14,0 ±0,28	39,19 ±2,88	15,0 ±0,42	43,08 ±0,87
2012	9,7 ±0,07	10,14 ±0,93	10,9 ±0,46	15,38 ±1,84	11,6 ±0,36	18,09 ±2,33	12,7 ±0,13	25,13 ±1,53	—	—
2013	8,2 ±0,52	6,44 ±1,30	9,0 ±0,88	8,36 ±2,35	10,5 ±0,42	13,92 ±0,50	—	—	—	—
2014	8,1 ±0,30	6,01 ±0,75	9,1 ±0,43	7,82 ±1,27	10,4 ±0,35	11,72 ±1,77	—	—	—	—
2015	10,1 ±0,85	11,0 ±2,28	11,5 ±0,63	18,22 ±4,05	12,9 ±1,0	28,79 ±7,60	14,5 ±1,05	42,47 ±9,02	15,2 ±1,25	48,48 ±9,07

вень значимости $\alpha = 0,03$), для двухгодовиков $r_2 = 0,73$ (уровень значимости $\alpha = 0,08$), для трёхгодовиков $r_3 = 0,73$ (уровень значимости $\alpha = 0,08$). Т.е. изменение среднего веса особей ставриды в прибрежных водах Гераклейского п-ова имеет достаточно высокий коэффициент корреляции с изменением интенсивности свечения организмов в этот период. В годы, в мае месяце которых наблюдается более высокая интенсивность свечения гидробионтов, средний вес особей ставриды в весенне-летних уловах возрастает.

Полученные коэффициенты корреляционной связи интенсивности свечения планктонного сообщества в зимний период и численности возрастных групп, а также интенсивности свечения гидробионтов с весовыми характеристиками ставриды в весенне-летний период подтверждают сделанные предположения о влиянии характера зимнего периода, определяемого по интенсивности свечения планктонного комплекса пелагиали, на рост и развитие ставриды, а также на её возрастной состав в весенне-летних уловах.

В ряде работ [Алеев, 1952; Ткачева, Федорина, 1973; Костюченко и др., 1979; Шульман, Урденко, 1989; Архипов, 1993; Poga, 1979] отмечено, что численность популяций промысловых рыб Чёрного моря зависит от ряда факторов и, в значительной степени, от обеспеченности кормом. Колебание величины продукции планктона вызывает изменения запасов планктоноядных рыб и хищников, питающихся преимущественно планктонофагами. Закономерности изменений темпа роста в зависимости от условий среды в разные годы были изучены для ставриды в ряде работ [Сафьянова, Ревина, 1967; Ткачева, Федорина, 1973; Архипов, 1993; Зуев, Мельникова, 2003; Салехова, Гордина, 2005; Кузьминова, 2016]. В этих работах показано, что темп роста ставриды зависит от особенностей развития фито- и зоопланктона. В годы с высокой продуктивностью кормового фито- и зоопланктона возрастает темп роста ставриды всех возрастных групп и увеличивается численность поколений. В малопродуктивные годы состояние популяций ставриды ухудшается: снижается упитанность и темп роста, уменьшается численность и биомасса популяций.

Наши исследования при этом показали, что биологическое состояние планктона и его продукция могут быть оценены по интенсивности свечения планктонного сообщества в зимний и весенний периоды и, как следствие этого, изучение интенсивности свечения организмов в зимний и весенний периоды может быть использовано для предсказания возрастного состава и размерно-весовых характеристик ставриды в весенне-летних уловах. Эти результаты могут быть использованы в рыбопромысловой отрасли.

Выводы

1. Интенсивность свечения организмов, характеризующая состояние планктонного сообщества пелагиали, в зимний период определяет особенности его развития в последующие весенний и летний периоды и, как следствие, влияет на размерно-весовые характеристики и относительную возрастную численность особей ставриды в весенне-летний период в прибрежных водах Гераклейского п-ова.

2. Изменения свечения организмов в зимний период и относительная численность годовиков и двухгодовиков в прибрежных водах характеризуются отрицательным коэффициентом корреляции, т. е. при уменьшении интенсивности свечения планктонного сообщества в зимний период возрастает относительное количество годовиков и двухгодовиков в весенне-летних уловах ставриды.

3. В годы, характеризующиеся в мае более высокой интенсивностью свечения организмов, развитие (увеличение размера и веса) ставриды происходит более интенсивно. Коэффициент корреляции со средним весом особей ставриды разных возрастных групп находится в пределах $r = 0,73 - 0,84$.

Работа выполнена:

— по госбюджетной теме ИПТС № 0012–2016–0005 «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера-криосфера и антропогенного воздействия», руководитель направления — д. г. н. Воскресенская Е.Н.;

— по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118020890074-2, дата регистрации 08/02/2018).

ЛИТЕРАТУРА

- Алеев Ю.Г. 1952. Ставрида Чёрного моря. Симферополь: Крымиздат. 24 с.
- Архипов А.Г. 1993. Оценка численности и особенности распределения промысловых рыб Чёрного моря в раннем онтогенезе // Вопросы ихтиологии. Т. 33. Вып. 4. С. 511–521.
- Дехник Т.В., Павловская Р.М. 1979. Сезонные изменения видового состава, распределения и численности ихтиопланктона // Основы биологической продуктивности Чёрного моря. Киев: Наукова думка. С. 268–272.
- Зуев Г.В., Мельникова Е.Б. 2003. Эколого-географическая гипотеза происхождения крупной черноморской ставриды (Carangidae, Pisces) // Мор. экол. журн. Т. 2. Вып. 1. С. 59–73.
- Костюченко В.А., Сафьянова Т.Е., Ревина Н.А. 1979. Ставрида // Сырьевые ресурсы Чёрного моря. М.: Пищ. пром-ть. С. 92–130.
- Кузьмина Н.С. 2016. Состояние массовых видов черноморских рыб, отловленных в бухтах с разным уровнем антропогенной нагрузки в современный период // Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя / [отв. ред. И.И. Руднева]. М.: ГЕОС. 360 с.
- Мельникова Е.Б. 2014. Биолюминесценция в функционировании экосистем пелагиали Чёрного моря. Киев: Фитосоцицентр. 175 с.
- Мельникова Е.Б., Токарев Ю.Н., Лямина Н.В. 2012. Сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в прибрежных водах г. Севастополя (Чёрное море) // Мор. экол. журн. Т. № 4. С. 55–63.
- Павловская Р.М. 1973. Особенности биологии размножения летнерестящихся рыб Чёрного моря и некоторые причины колебаний их численности // Труды ВНИРО. Т. 91. С. 33–45.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть. 375 с.
- Рокицкий П.Ф. 1961. Основы вариационной статистики для биологов. Минск. 221 с.
- Салехова Л.П., Гордина А.Д. 2005. О современном состоянии Крымской популяции черноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus ponticus*) у юго-западного побережья Крыма // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». № 4 (27). С. 207–208.
- Сафьянова Т.Е., Ревина Н.И. 1967. Рост мелкой ставриды в восточной части Чёрного моря // Рыбное хозяйство. № 6. С. 8–10.
- Ткачева К.С., Федорина А.И. 1973. О роли зоопланктона в прогнозировании динамики численности планктоноядных рыб Чёрного моря // Труды ВНИРО. Т. 91. С. 61–67.
- Токарев Ю.Н. 2006. Основы биофизической экологии морских организмов. Севастополь: ИнБюм НАН Украины. 342 с.
- Токарев Ю.Н., Битюков Э.П., Василенко В.И., Соколов Б.Г. 2000. Поле биолюминесценции — характерный показатель структуры планктонного сообщества Чёрного моря // Экология моря. № 53. С. 20–25.
- Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. 2009. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XI Международной научно-технической конференции, «МСОИ-2009». М. Ч. 3. С. 23–27.
- Черепанов О.А., Левин Л.А., Утюшев Р.Н. 2007. Связь биолюминесценции с биомассой и численностью светящегося и всего планктона. 2. Чёрное море // Мор. экол. журн. Т. 6. Вып. 3. С. 84–89.
- Чугунова Н.И. 1952. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Сов. Наука. 224 с.
- Шульман Г.Е., Урденко С.Ю. 1989. Продуктивность рыб Чёрного моря. Киев: Наукова думка. 188 с.
- Kayali E. 1998. Some population parameters and feeding ecology of mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindchner, 1868) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758), Ph.D. Thesis, KTU, Institute of Sci. and Tech. Trabzon. 197 p.
- Pora E. 1979. Le chinchard de la Mer Noire (*Trachurus mediterraneus ponticus*), étude monographique. Institut roumain de recherches marines, Constanta (Roumanie). 753 p.
- Yankova M., Pavlov D., Raykov V. 2009. Population dynamics of horse-mackerel (*Trachurus mediterraneus*), as a valuable economic species for the Bulgarian Black Sea coast. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI — Food Technology, New Series Year III (XXXII), Paper presented at the International Symposium Euro — aliment 2009, 9th — 10th of October 2009, Galati — Romania.

Поступила в редакцию 11.04.2018 г.
Принята после рецензии 15.06.2018 г.

Commercial species and their biology

Relationship between the age distribution of horse mackerel and the intensity of the glow in the plankton community in the coastal waters of the Heracleian Peninsula (Black Sea)

E.B. Melnikova¹, N.S. Kuzminova²

¹ Institute of Natural and Technical Systems (FSBSI «INTS»), Sevastopol

² A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS (FSBSI «IMBR RAS»), Sevastopol

The Mediterranean horse mackerel *Trachurus mediterraneus ponticus* is one of the mass fish species in the pelagic of the Black Sea. Studying of the interannual (2010–2015) changes in the intensity of the glow of the hydrobionts, which characterizes the state of the phyto- zooplankton community of the pelagial, was carried out and its relation to the age distribution and growth rates of the horse mackerel inhabiting the coastal waters of the southwestern shelf of the Crimea (the Black Sea) was found. It is shown that the intensity of glow of organisms in winter that characterizes the state of the plankton community of the pelagic determines the features of its development in the subsequent spring and summer periods and, as a consequence, affects the size and weight characteristics and the relative number of age groups of the mackerel in the spring-summer period in the coastal waters of the Heracleian peninsula. It was obtained that changes in the glow of organisms in winter and the relative number of yearlings and two-year-olds in coastal waters are characterized by a negative correlation coefficient, that is, when the intensity of the glow of the plankton community decreases in the winter period, the relative number of yearlings and two-year-olds increases in spring-summer catches of horse mackerel. It is noted that in the years characterized by a higher intensity of glow of organisms in May, the development of horse mackerel is more intense and in these years the individuals of horse mackerel grow well and gain weight. This is confirmed by a rather high correlation coefficient, which for horse mackerel of different age groups is within $r=0,73-0,84$. The obtained results can be used in the commercial fishing in predicting the age composition and size and weight characteristics of horse mackerel in spring-summer catches.

Keywords: intensity of glow, plankton, horse mackerel, *Trachurus mediterraneus ponticus*, age, body weight, Black Sea.

REFERENCES

- Aleev Yu.G.* 1952. Stavrida Chyornogo morya [Stavrida of the Black Sea]. Simferopol': Krymizdat. 24 s.
- Arhipov A.G.* 1993. Ocenka chislennosti i osobennosti raspredeleniya promyslovyh ryb CHyornogo morya v rannem ontogeneze [Estimation of abundance and features of distribution of profish fish of the Black Sea in early ontogenesis] // Voprosy ihtiologii. T. 33, vyp. 4. S. 511–521.
- Dekhnik T.V., Pavlovskaya P.M.* 1979. Sezonnye izmeneniya vidovogo sostava, raspredeleniya i chislennosti ihtioplanktona [Seasonal changes in the species composition, distribution and abundance of ichthyoplankton] // Osnovy biologicheskoy produktivnosti Chyornogo morya. Kiev: Naukova dumka. S. 268–272.
- Zuev G.V., Mel'nikova E.B.* 2003. Ekhologo-geograficheskaya gipoteza prois-hozhdeniya krupnoj chernomorskoj stavridy (Sarangidae, Pisces) [Ecological-geographical hypothesis of the origin of the large Black Sea horse mackerel (Carangidae, Pisces)] // Mor. ehkol. zhurn. T. 2. Vyp. 1. S. 59–73.

- Kostyuchenko V.A., Saf'yanova T.E., Revina N.A.* 1979. Stavrida [Stavrida] // Syr'evye resursy Chyornogo morya. M.: Pishchevaya promyshlennost'. S. 92–130.
- Kuz'minova N.S.* 2016. Sostoyanie massovyh vidov chernomorskih ryb, otlovlennyh v buhtah s raznym urovnem antropogennoj nagruzki v sovremennyj period [The state of mass species of Black Sea fishes, abandoned in bays with different levels of anthropogenic load in the modern period] // *Ehktoksikologicheskie issledovaniya pribrezhnoj chernomorskoj ihtiofauny v rajone Sevastopolya* / [otv. red. I.I. Rudneva]. M.: GEOS. 360 s.
- Mel'nikova E.B.* 2014. Bioluminescenciya v funkcionirovanii ehkosisistem pelagiali Chernogo morya [Bioluminescence in the functioning of Black Sea pelagic ecosystems]. Kiev: Fitosociocentr. 175 s.
- Mel'nikova E.B., Tokarev Yu.N., Lyamina N.V.* 2012. Sezonnnye izmeneniya intensivnosti polya bioluminescencii v pribrezhnyh vodah g. Sevastopolya (Chernoje more) [Seasonal changes in the intensity of the bioluminescence field in the coastal waters of the city of Sevastopol (Black Sea)] // *Mor. ehkolog. zhurn.* T. № 4. S. 55–63.
- Pavlovskaya P.M.* 1973. Osobennosti biologii razmnozheniya letnenerestya-shchihsya ryb Chyornogo morya i nekotorye prichiny kolebanij ih chislennosti [Peculiarities of the biology of reproduction of summer-resting fishes of the Black Sea and some reasons for the fluctuations in their numbers] // *Trudy VNIRO.* T. 91. S. 33–45.
- Pravdin I.F.* 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish]. M.: Pishch. promt'. 375 s.
- Rokickij P.F.* 1961. Osnovy variacionnoj statistiki dlya biologov [Foundations of Variational Statistics for Biologists]. Minsk. 221 s.
- Salekhova L.P., Gordina A.D.* 2005. O sovremennom sostoyanii Krymskoj populyacii chernomorskoj stavridy (*Trachurus mediterraneus ponticus*) u yugozapadnogo poberezh'ya Kryma [On the current state of the Crimean population of the Black Sea horse mackerel (*Trachurus mediterraneus ponticus*) off the south-western coast of the Crimea] // *Naukovi zapiski Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universitetu imeni Volodimira Gnatyuka. Seriya: Biologiya. Special'nij vipusk «Gidroekologiya».* № 4 (27). S. 207–208.
- Saf'yanova T.E., Revina N.I.* 1967. Rost melkoj stavridy v vostochnoj chasti Chyornogo morya [Growth of small horse mackerel in the eastern part of the Black Sea] // *Rybnoe hozyajstvo.* № 6. S. 8–10.
- Tkacheva K.S., Fedorina A.I.* 1973. O roli zooplanktona v prognozirovanii dinamiki chislennosti planktonoyadnyh ryb Chernogo morya [About the role of zooplankton in predicting the dynamics of abundant plankton-eating fish of the Black Sea] // *Trudy VNIRO.* T. 91. S. 61–67.
- Tokarev Yu.N.* 2006. Osnovy biofizicheskoy ehkologii morskikh organizmov [Fundamentals of biophysical ecology of marine organisms]. Sevastopol': InByum NAN Ukrainy. 342 s.
- Tokarev Yu.N., Bitjukov Eh.P., Vasilenko V.I., Sokolov B.G.* 2000. Pole bioluminescencii — harakternyj pokazatel' struktury planktonnogo soobshchestva Chernogo morya [The field of bioluminescence is a characteristic indicator of the structure of the plankton community of the Black Sea] // *Ehkologiya morya.* № 53. S. 20–25.
- Tokarev Yu.N., Vasilenko V.I., Zhuk V.F.* 2009. Novyj gidrobiologicheskij kompleks dlya ehkspressnoj ocenki sostoyaniya pribrezhnyh ehkosisistem [A new hydrobiophysical complex for the rapid assessment of the state of coastal ecosystems] // *So-vremennyye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovanij: Materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheckoy konferenciy, «MSOI-2009».* M. CH.3. S. 23–27.
- Cherepanov O.A., Levin L.A., Utyushev R.N.* 2007. Svyaz' bioluminescencii s biomassoju i chislennost'yu svetyashchegosya i vsego planktona. 2. Chernoe more [The relationship of bioluminescence with biomass and the number of luminous and all plankton. 2. The Black Sea] // *Mor. ehkol. zhurn.* T. 6. Vyp 3. S. 84–89.
- Chugunova N.I.* 1952. Metodika izucheniya vozrasta i rosta ryb [A technique for studying the age and growth of fish]. M.: Sov. Nauka. 224 s.
- Shul'man G.E., Urdenko S. Yu.* 1989. Produktivnost' ryb Chyornogo morya [Productivity of the fish of the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka. 188 s.
- Kayali E.* 1998. Some population parameters and feeding ecology of mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindchner, 1868) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758), Ph.D. Thesis, KTU, Institute of Sci. and Tech. Trabzon. 197 p.
- Pora E.* 1979. Le chinchard de la Mer Noire (*Trachurus mediterraneus ponticus*), étude monographique. Institut roumain de recherches marines, Constanta (Roumanie). 753 p.
- Yankova M., Pavlov D., Raykov V.* 2009. Population dynamics of horse-mackerel (*Trachurus mediterraneus*), as a valuable economic species for the Bulgarian Black Sea coast. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI — Food Technology, New Series Year III (XXXII), Paper presented at the International Symposium Euro — aliment 2009, 9th — 10th of October 2009, Galati — Romania.

TABLE CAPTIONS

Table. Average standard length (SL) and weight (W) of horse mackerel in the age groups in the spring-summer period of 2010–2015 years.

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. The study area.

Fig. 2. The average monthly intensity of glow organisms (1) and the water temperature (2) a — in the winter (January-February); b — in the spring (May); b — in the summer (June-July) in the 2010–2015 years.

Fig. 3. Relative quantity of the age groups and the intensity of the glow (6) of organisms in the spring-summer period in the coastal waters of the Herakleian peninsula: 1 — yearlings, 2 — two-year-olds, 3 — three-year-olds, 4 — four-year-olds, 5 — five-year-olds