

УДК 597.553.1 (262.5)

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА МЕЖГОДОВУЮ
ДИНАМИКУ ГОНАДОСОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА У
СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ СТАВРИДЫ (*TRACHURUS MEDITERRANEUS*) В
ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КРЫМА**

Мельникова Е. Б.¹, Кузьмина Н. С.²

¹*Институт природно-технических систем ФГБНУ, Севастополь, Россия*

²*ФИЦ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия*
E-mail: helena_melnikova@mail.ru

Проведено исследование влияния температурного фактора в весенне-летний период на гонадосоматический индекс у средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus*), обитающей в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма. Показана зависимость развития репродуктивной системы ставриды от температуры. Получено, что при повышении среднемесячной температуры морской воды до 25,5°C, гонадосоматический индекс (ГСИ) увеличивается, при дальнейшем повышении температуры ГСИ ставриды снижается. Сравнение показало, что в более теплых районах Средиземноморско-Черноморского района нарастание гонадосоматического индекса смещается на более ранние сроки.

Ключевые слова: гонадосоматический индекс, средиземноморская ставрида, Черное море, весенне-летний период.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием мирового рыболовства непрерывно возрастает промысловое значение средиземноморской ставриды. Ставрида является одним из важнейших объектов рыболовства причерноморских стран (Турции, Болгарии, Румынии, Украины и России). В последние годы промысловый запас ставриды стабилизировался на достаточно высоком уровне. В работах ряда авторов [1–3] отмечено, что в последние годы наблюдались положительные тренды годовых уловов средиземноморской ставриды. Так, если в 2014 г вылов ставриды в Черноморско-Крымском районе составлял 504,2 т., то в 2015 г. общий её вылов составил 1254,2 тыс. т., в 2016 г. – около 1921,2 тыс. т., а в 2017 возрос до 1971,3 тыс. т. [1, 2].

Изучение репродуктивной биологии рыб является неотъемлемой частью исследований в фундаментальной ихтиологии и рыбохозяйственной отрасли. Его результаты используются для изучения и прогнозирования динамики численности рыбных стад, оценки биомассы нерестового и общего запасов [4]. Изучение морфофизиологических характеристик – индексов органов рыб и, в частности, гонадосоматического индекса (ГСИ), позволяет дать количественную оценку репродуктивной способности рыб, а также интегральную экспресс оценку

физиологического состояния всего организма с учетом воздействия антропогенных факторов [5–7]. Важность такой экспресс оценки прибрежных популяций черноморских рыб состоит в том, что она позволяет прогнозировать их состояние не только в текущий момент, но и давать примерный прогноз благополучия того или иного вида на год вперед и более. Для исследований репродуктивного потенциала рыб, определения размеров запаса и пополнения требуется регулярный мониторинг, позволяющий получить новые достоверные данные и выявить происходящие изменения.

Гонадосоматический индекс является одним из самых доступных показателей динамики созревания половых продуктов. Этот параметр достаточно хорошо иллюстрирует сезонные и межгодовые изменения состояния гонад в процессе биологического развития с учетом изменения характеристик морской среды и влияния климатических факторов. По состоянию гонад судят о фазах полового цикла и готовности особей к нересту.

Одним из важных климатических факторов, оказывающим прямое и косвенное влияние на репродуктивные способности рыб, продолжительность нерестового периода и сроков нереста в пределах ареала является температура морской воды и характер её изменения в нагульный и репродуктивный периоды. Ставрида – рыба сравнительно теплолюбивая и все наиболее важные жизненные процессы, такие как питание, рост, размножение проходят в весенне-летний период и приурочены к температурам в среднем от 10 до 25 °С. Период нереста в Черном море длится у ставриды с начала апреля по август включительно. Низкие температуры, как и высокие, могут приостановить процесс созревания половых желез [8].

Наблюдаемые в последние годы климатические, в том числе температурные, изменения повышают интерес к мониторинговым исследованиям, позволяющим выявить особенности развития морских организмов и предсказать тенденции их изменения. Несмотря на имеющиеся публикации на эту тему, изучение многолетних изменений ГСИ у средиземноморской ставриды, обитающей на шельфе юго-западного Крыма, с учетом влияния температурного фактора, изучено недостаточно полно.

Цель данных исследований – выявить особенности изменения гонадосоматического индекса у средиземноморской ставриды с учетом изменения параметров среды обитания в 2010–2018 гг. в весенне-летний период в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положены результаты полных биологических анализов средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus* [Steindachner, 1868]), отловленных на юго-западном шельфе Крыма в прибрежных водах Севастополя в районе с координатами: широта – от 44,57° с.ш. до 44,64° с.ш.; долгота – от 33,37° в.д. до 33,56° в.д. Пробы были взяты в 2010–2018 годах с апреля по сентябрь месяцы. Выборка состояла из 10–20 свежельвовленных разноразмерных разновозрастных особей. Всего было проанализировано 1548 экз. Измеряли длину, общую массу, массу рыбы без внутренностей, определяли возраст по отолитам, пол,

стадию зрелости и массу половых желез [9]. При проведении сравнительного анализа использовали стандартную длину, которую измеряли с точностью до 0,1 см, массу рыб определяли с точностью до 0,1 г, массу гонад – с точностью до 0,01 г. Гонadosоматический индекс рассчитывали, как отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей, выраженное в процентах. Стадии зрелости определяли по стандартной шестиступенчатой шкале (II, III, IV, V, VI, VI-II), используя переходные стадии (II-III, IV-V) [4, 9].

Информация о температуре воды в районе исследования получена по данным Севастопольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Севастопольский ЦГМС).

Математическую обработку результатов проводили на ПЭВМ с использованием программ *Microsoft Excel 5.0*, *Statistica 6.0*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из важных составляющих, характеризующих состояние репродуктивной биологии рыб, является показатель ГСИ (гонadosоматический индекс)

На рис. 1 изображены полученные среднегодовые (2010–2018 гг) значения ГСИ отдельно для самок и самцов, а также температура воды в районе проведения исследований в период с апреля по сентябрь. Для каждого из значений на графиках отмечены их среднеквадратические отклонения. Видно, что изменения ГСИ в нерестовый период имеют вид одновершинной кривой с максимумом в июне у самок и июле месяце у самцов. В июле у самок наблюдается незначительное снижение ГСИ, затем в августе у обоих полов ставриды происходит резкий спад ГСИ, значения которого продолжают снижаться и в сентябре месяце.

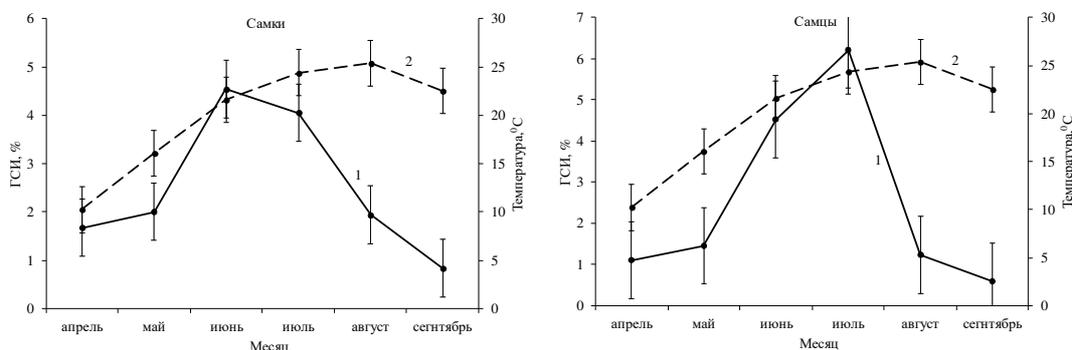


Рис. 1. Среднегодовые значения ГСИ (1) самок и самцов ставриды, среднемесячная температура воды (2) в нерестовый период и их средние квадратические отклонения.

Юго-западный шельф Крыма является одним из районов зимовки ставриды [10]. Она зимует на небольшой площади от мыса Фиолент до мыса Айя, а в теплые

зимы – также в Севастопольских бухтах. Зимует ставрида с гонадами II стадии зрелости.

По мере весеннего прогрева морской воды у ставриды происходит развитие половых желез. В прибрежных водах, на юго-западном шельфе Крыма созревание половых продуктов начинается в марте. В этот период ставрида переходит к более подвижному образу жизни, начинает более активно питаться, причем интенсивность ее питания увеличивается с повышением температуры воды.

Усредненное за период с 2010 по 2018 годы относительное количество самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости в нерестовый период приведено в табл. 1.

Таблица 1

Количество (%) самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости в нерестовый период

месяц	Пол	Стадии зрелости гонад									
		II	II-III	III	III-IV	IV	IV-V	V	VI	VI-II	
апрель	самки	11	3	53	4	11	3	6	3	6	
	самцы	11	9	31	17	20,5	4	7	-	0,5	
май	самки	6	0,5	18	4	27	4,5	35	3	2	
	самцы	4	3	19	15	15	11	31	1	1	
июнь	самки	-	-	1	-	2,5	2,5	89	4	1	
	самцы	5	-	-	2	2	8	80	3	-	
июль	самки	-	-	-	-	3	7	85	3	2	
	самцы	-	-	-	-	-	2	95	3	-	
август	самки	45	-	7	-	17	4	27	-	-	
	самцы	28	-	2	-	-	-	62	2	6	
сентябрь	самки	96							3	1	
	самцы	94							4	2	

Исследования показали, что в апреле месяце при достижении температуры воды 10°C самки ставриды имеют II, III стадии зрелости. Половые железы в апреле месяце хотя и далеки от зрелости, но уже сравнительно хорошо развиты. Яичники занимают от трети до половины объема брюшной полости и содержат мелкие непрозрачные ооциты. В апреле месяце самки ставриды с II, III стадиями зрелости в среднем составляли 67 %, а самцы – 51 %.

Гонадосоматический индекс в апреле месяце в среднем за период исследования составлял – 1,670.

Следует отметить, что в зависимости от температурных особенностей года стадии зрелости в апреле могут отличаться от средних многолетних (2010–2018 годы) значений. В годы (2014, 2016, 2018) с более высокими среднемесячными температурами – 11,0 °C и выше, созревание половых клеток происходило быстрее и в эти годы в апреле месяце наблюдались самки IV и даже с V стадиями зрелости

готовые к нересту. Так, например, в апреле 2018 г. при температуре 11,7 °С (самая высокая среднемесячная за данный период исследований) наблюдалось 60 % рыб стадии зрелости которых составляли – II, II—III, III и 40 % у которых стадии зрелости – IV, V, тогда как в апреле 2012 г при достаточно низкой среднемесячной температуре – 9,6 °С самок со стадиями зрелости IV и V не наблюдалось, все самки имели стадии – II, II—III, III. В целом за период проведения исследований в апреле месяце преобладали самки и самцы III стадии зрелости (табл. 1).

Процесс созревания половых клеток у самцов ставриды происходит медленнее, чем у самок. В апреле при температуре воды близкой к средней многолетней процесс развития мужских половых клеток (сперматогенез) достигает III стадии, а в годы с температурой выше средней многолетней — IV и V стадии. Семенники на стадии III, IV значительно увеличиваются в объеме, они плотные и упругие и имеют молочно-белый цвет. На этой стадии завершается сперматогенез и семенные каналцы содержат спермии. ГСИ у самцов в этот период несколько ниже, чем у самок и составлял в исследуемый период в среднем – 1,110. В годы с теплой весной, например, в апреле 2018 г. при достаточно высокой среднемесячной температуре 11,7 °С наблюдалось 75 % самцов со стадиями зрелости – II—III, III и 25 % имели стадии зрелости – IV, V.

В мае месяце с повышением температуры до 15 °С и выше происходит дальнейшее созревание половых клеток у самцов и самок ставриды. В уловах встречались самки с IV—V стадией зрелости (в среднем более 65 % см. табл. 1), у которых половые железы достигли или почти достигли полного развития. Ооциты крупные и легко отделяются друг от друга. При переходе в V стадию икринки приобретают прозрачность. ГСИ тоже увеличился по сравнению с апрелем и составлял в среднем за исследуемый период 2,005.

У самцов процесс созревания проходит так же достаточно активно. В среднем за период проведения исследований в мае месяце наибольшее количество самцов (31 %) наблюдалось с V стадией зрелости (табл. 1). Гонадосоматический индекс хотя и увеличился у самцов в среднем до 1,457, но все же был ниже, чем у самок в этот период.

Средние за период исследования (2010–2018 гг.) значения ГСИ ставриды с гонадами разных стадий зрелости изображены на рис. 2. На этом рисунке показаны также среднеквадратические отклонения.

Из рис. 2 видно, что, как и следовало ожидать, самые низкие значения ГСИ отмечали у рыб стадии II (самцы – 0,87; самки – 1,2). Незначительный рост этого показателя (в 1,1–1,3 раза) происходил у рыб при переходе от II к II-III стадиями зрелости. В период активного накопления желтка в ооцитах (III, III-IV стадия зрелости) и начале сперматогенеза размер гонад и ГСИ продолжает увеличиваться. Максимальных значений ГСИ достигал у рыб с гонадами стадий зрелости IV-V и V (самцы – 3,48; самки – 3,32), это происходит в период интенсивного сперматогенеза, когда в яичниках присутствовали зрелые ооциты. Следует отметить, что на стадиях зрелости от II до IV, а также на VI стадии зрелости индекс ГСИ самок ставриды превышает значение индекса ГСИ самцов, а на стадии зрелости V это соотношение меняется и большее значение индекса ГСИ наблюдается у самцов. После

завершения вымета половых продуктов (VI и VI-II стадии зрелости) средние значения гонадосоматического индекса резко снижаются (в 2,3–4 раза) (см. рис. 2).

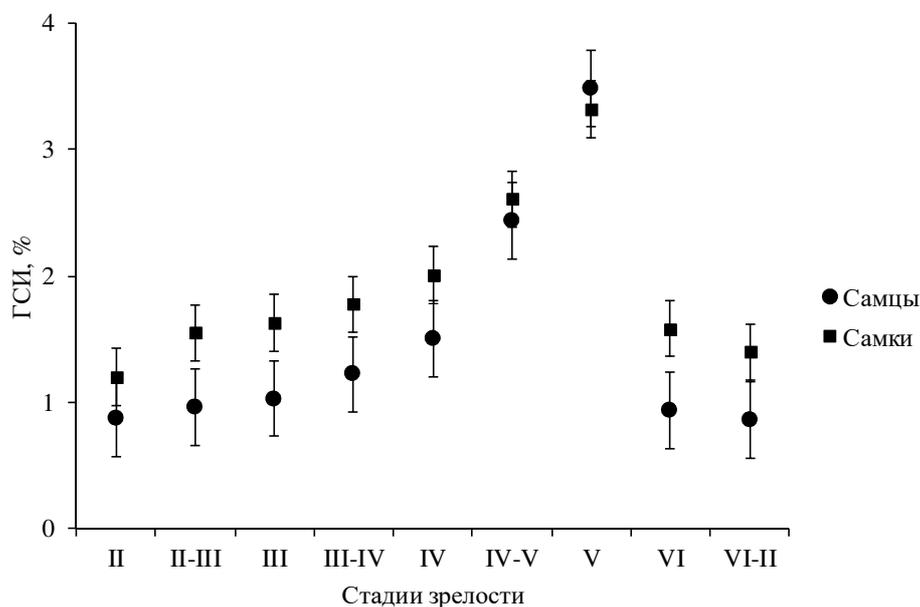


Рис. 2. Изменение гонадосоматического индекса самок и самцов ставриды с гонадами разных стадий зрелости и их средние квадратичные отклонения.

Сравнение изменения гонадосоматического индекса между максимальным значением (V стадия) и после вымета половых продуктов (VI-II стадия) показывает, что у ставриды, обитающей в юго-восточной части Черного моря, в районе пролива Дарданеллы и в южной части Адриатического моря [13–15], это изменение составляет примерно 6 раз, что превышает полученные нами значения для ставриды, обитающей в прибрежных водах Крыма (см. рис. 2).

Половой зрелости особи обоих полов достигают в годовалом и 1+ возрасте при длине 8,3 см и 8,2 см соответственно. Половозрелые самцы несколько меньше по длине, чем половозрелые самки. После достижения половой зрелости самки и самцы входят в состав нерестового стада и нерестятся ежегодно [8, 10].

В мае месяце по сравнению с апрелем увеличивается число особей обоих полов V стадии зрелости. В годы (2013, 2018) с более высокими среднемесячными температурами – 17,6 °С доля нерестящихся самок и самцов составляла в уловах более 70 %, а в годы (2011, 2017) с более низкими среднемесячными температурами – 14,3 °С – около 65 %.

В июне при средней межгодовой температуре 21,5 °С нерестятся как старшие, так и младшие возрастные группы. В уловах встречаются текущие особи V стадии зрелости; икра свободно вытекает из полового отверстия. Средиземноморской

ставриде свойствен многопорционный нерест, в основе которого лежит непрерывный тип созревания ооцитов; отдельная самка в течение нерестового периода может выметать от 5 до 16 порций икры [8, 11].

Средняя за период проведения исследований длина самок в июне – $11,9 \pm 1,83$ см., ГСИ – 4,540. Самцы несколько мельче самок (средняя длина в июньских уловах – $11,4 \pm 1,74$ см), ГСИ – 4,524.

Средние размеры и разброс колебаний длины самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости изображены на рис. 3.

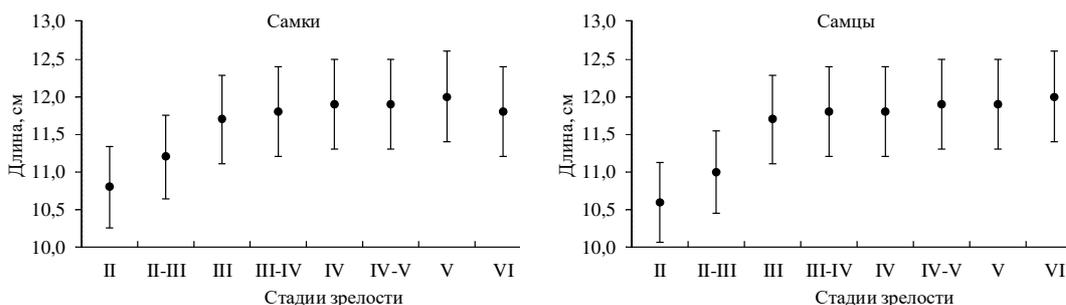


Рис. 3. Средняя длина самок и самцов ставриды с гонадами разных стадий зрелости и их средние квадратические отклонения.

Наименьшие размеры имеют самки и самцы с гонадами II стадии зрелости, их длина в среднем составляла 10,8 см у самок и 10,6 см у самцов. Самки и самцы ставриды начинают созревать (стадия зрелости II-III), достигнув размер в среднем 11,0 см. При дальнейшем созревании половых желез размеры самок и самцов сначала увеличиваются. Затем в процессе созревания половых продуктов от стадии зрелости III-IV до стадии зрелости VI длина рыб практически не изменяется. Наибольшее количество особей с яичниками и семенниками стадии зрелости III, III-IV, IV-V, V встречались в размерных группах от 11,0–11,9 и 12,0–12,9; но в среднем длина самок составляла $12,0 \pm 1,56$ см, а самцов $11,9 \pm 1,95$ см.

В период нереста наблюдаются случаи поимки в ставные орудия лова зрелых рыб какого-либо одного пола, из чего следует, что зрелые самцы и самки в этот период группируются в отдельные стаи по половому признаку. Нерестовый косяк имеет «послойное» строение: в верхней его части концентрируются самцы, в нижней — самки; выметываемая самками икра, всплывая, пронизывает слой молок, во время чего и происходит оплодотворение. О «послойном» строении нерестовых скоплений ставриды отмечал также Ю. Г. Алеев [12].

Следует отметить, что у самок и самцов с повышением температуры морской воды с апреля по июнь значения ГСИ возрастают.

Пик созревания у самок ставриды наблюдался в июне (получено максимальное среднегодовое значения – 4,54) при средней температуре морской среды 21,5 °С. В июле ГСИ у самок несколько ниже, чем в июне. Он составляет 4,050.

У самцов ГСИ достигает своего максимума в июле месяце при средней температуре 24,4 °С и он равен 6,210.

В июне-июле в уловах встречается до 90 % нерестящихся особей ставриды.

В августе при дальнейшем повышении температуры воды в среднем до 25–26 °С интенсивность нереста резко снижается. Следует отметить, что слой гомотермии в районе проведения исследований в августе месяце располагается по глубине от поверхности до 30 м и более, то есть совпадает с глубинами, где находятся нерестовые скопления ставриды. Вследствие этого высокие температуры морской воды приближающиеся к летальным как для развития икры и личинок, так и взрослых рыб, возможно, и являются причиной снижения активности нереста. Значение ГСИ в августе составляет у самок – 1,940, а у самцов – 1,240. Количество нерестящихся самок в этот период в среднем составило – 68 % а самцов 48 %. В августовских уловах наблюдались особи ставриды с частично выметанной икрой, большинство из них имели стадию зрелости IV-VI, V-VI. В этот период встречались уже и отнерестившиеся особи (стадия зрелости VI), яичники самок и семенники самцов, которых были небольшого размера, дряблые.

В осенние месяцы после завершения вымета половых продуктов (VI и VI-II) средние значения гонадосоматического индекса продолжает снижаться и в сентябре ГСИ у самок в среднем составлял – 0,668 и у самцов – 0,849.

Анализ литературных данных показывает, что в юго-восточной части Черного моря [13] у средиземноморской ставриды нарастание ГСИ в весенне-летний период начинается раньше, чем в прибрежных водах, на юго-западном шельфе Крыма. Так, в мае месяце у ставриды, обитающей в юго-восточной части моря, ГСИ составляет 2,6, затем в июне он значительно нарастает до 6,3, наблюдается пик нереста, и далее в июле достаточно резко спадает до 3,5 [13]. В целом можно отметить, что у ставриды, обитающей в юго-восточной части Черного моря, пик нереста выражен более явно, чем у ставриды из прибрежных вод юго-западного шельфа Крыма, и несколько смещен на более ранние сроки.

У ставриды, обитающей в районе пролива Дарданеллы [14], характер изменения ГСИ в весенне-летний период также имеет один достаточно хорошо выраженный максимум, при этом он смещен на более ранние сроки, чем у ставриды, обитающей в Черном море. Нарастание индекса ГСИ начинается в марте, достигает максимального значения в апреле и в последующие месяцы наблюдается уменьшение индекса ГСИ [14].

У ставриды, обитающей в южной части Адриатического моря [15] в целом индекс ГСИ ниже, чем у ставриды, обитающей в Черном море. Однако он сохраняет достаточно высокие значения с апреля по ноябрь с резким уменьшением в декабре. То есть можно считать, что нерест ставриды в южной части Адриатического моря растянут во времени и проходит практически в течение всего года [15].

Более длительные сроки нереста ставриды в теплом Адриатическом море объясняется тем, что многопорционный нерест свойственен рыбам обитающих в морях умеренных широт, в том числе и в Черном море, где прослеживается четкая смена сезонов года и выделяется благоприятный период, ограниченный одним—

двумя месяцами для активного нереста. В этих условиях рыбы в относительно короткий период максимально используют потенциальные возможности воспроизводительной системы, в то время как в теплых морях, в том числе и Адриатическом море, такой путь адаптации размножения рыб не обязателен. В субтропиках и тропиках нерест проходит практически круглогодично [8, 11].

Рассмотрим влияние температуры воды на гонадосоматический индекс ставриды, обитающей в прибрежных водах Крыма. Анализ полученных нами межгодовых изменений ГСИ в пик нереста ставриды показывает (см. рис. 4), что в июне у самок, а у самцов в июле месяце прослеживается зависимость активности нереста от среднемесячной температуры. В годы, когда среднемесячная температура воды не превышает 25,5 °С, с повышением среднемесячной температуры наблюдалось увеличение ГСИ.

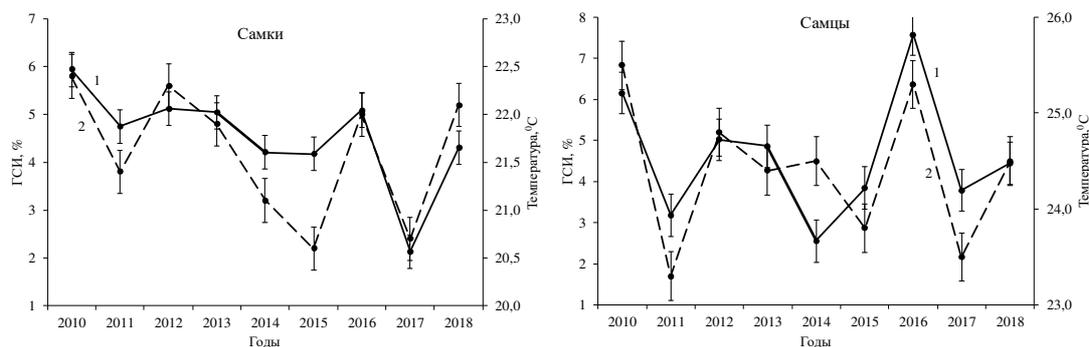


Рис. 4. Межгодовые изменения ГСИ (1) и температуры воды (2) в пик нереста у самок – в июне, у самцов – в июле месяце и их средние квадратические отклонения.

У самок в годы (2015, 2017), когда среднемесячная температура воды в пик нереста (июнь) была ниже средней многолетней и составляла 20,7 °С, ГСИ был не высоким – 3,152, а в годы (2010, 2012, 2016, 2018), когда средняя температура в июне месяце была выше средней многолетней – 22,3 °С, ГСИ возрастал и составлял в среднем 5,385.

У самцов в годы (2011, 2017), когда среднемесячная температура воды в пик нереста (июль месяц) была ниже средней многолетней (составляла 23,4 °С), ГСИ был не высоким – 3,487, а в годы (2010, 2016), когда средняя температура в июле месяце была выше средней многолетней – 25,3 °С, ГСИ имел высокое значение – 6,870.

Расчет коэффициента корреляции между межгодовыми изменениями ГСИ самок и температуры воды в июне, а также ГСИ самцов и температуры воды в июле месяце показал, что у самок коэффициент корреляции равен $r = 0,77$, а у самцов – $r = 0,76$.

Следует отметить, что темпы полового созревания, значения ГСИ и пик нереста ставриды в разные годы неодинаковы и зависят от климатических условий. Из результатов проведенных исследований можно предположить (см.

рис. 4), что несмотря на довольно широкий диапазон изменчивости температуры воды в период нереста (10–25,5 °С), наблюдается избирательность ставриды по отношению к температурному фактору.

По осредненным данным за девять нерестовых сезонов более половины (60 %) всех нерестящихся особей ставриды в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма было зарегистрировано в июне-июле месяце в температурном интервале от 21,5 до 24,5 °С.

Как показывают проведенные нами наблюдения, в годы, когда средняя за нерестовый период (с апреля по август) температура воды близка к 20–20,5 °С, созревание половых продуктов как у самок, так и у самцов идет быстрее, значения ГСИ высокие и нерест проходит активнее. В годы, когда средняя за нерестовый период температура воды не высокая (18,5–19,5 °С), нерест затягивается и в эти годы иногда даже в августе-сентябре встречаются отдельные косяки рыб с текучей икрой последней порции; в связи с этим следующий нерестовый период наступает у них позже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных исследований выявлена зависимость развития репродуктивной системы ставриды, определяемой по гонадосоматическому индексу, от температуры. Получено, что коэффициенты корреляции между изменениями ГСИ и межгодовыми изменениями температуры воды в пик нереста составляют у самок $r = 0,77$, у самцов — $r = 0,76$.
2. Исследования показали, что при повышении среднемесячной температуры морской воды до 25,5 °С, гонадосоматический индекс увеличивается, при дальнейшем повышении температуры воды ГСИ ставриды, обитающей на юго-западном шельфе Крыма, снижается.
3. Максимальные среднемесячные значения ГСИ у ставриды в среднем за период проведения исследований (2010–2018 гг) наблюдались в июне и июле: у самок 4,54 и 4,05, а у самцов 4,52 и 6,21, соответственно.
4. Сравнение показало, что в более теплых районах Средиземноморско-Черноморского района нарастание гонадосоматического индекса у средиземноморской ставриды смещается на более ранние сроки.

Работа выполнена:

– по госбюджетной теме ИПТС 0012-2019-0002 «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов» руководитель направления – член-корр. РАН А. Б. Полонский;

– по теме "Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем" (№ 0828-2019-0006) (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Кожурин Е. А. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Чёрном море / Е. А. Кожурин, В. А. Шляхов, Е. П. Губанов // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 171. – С. 157–169.
2. Шляхов В. А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределённых запасов водных биоресурсов Чёрного моря как основа их регионального оценивания / В. А. Шляхов, О. В. Шляхова, В. П. Надолинский, О. А. Перевалов // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1, Вып. 1. – С. 86–103.
3. Kasapoğlu N. Age, Growth, and Mortality of Exploited Stocks: Anchovy, Sprat, Mediterranean Horse Mackerel, Whiting, and Red Mullet in the Southeastern Black Sea / N. Kasapoğlu // AquatSci Eng. – 2018. – Vol. 33(2). – С. 39–49.
4. Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб / Г. В. Никольский – М.: Пищепромиздат, 1974. – 448 с.
5. Кузьминова Н. С. Современное состояние молоди массовых промысловых видов рыб в прибрежной зоне Черного моря / Н. С. Кузьминова // Вісник Запорізького національного університету. – 2012. – № 3. – С. 57–65.
6. Руднева И. И. Возрастная динамика некоторых морфофизиологических и биохимических параметров черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* / И. И. Руднева, Н. С. Кузьминова, И. И. Дорохова // Вестник СПбГУ. – 2014. – Сер. 3, Вып. 1. – С. 39–47.
7. Kuzminova N. Age- Dependent Changes of Mediterranean *Trachurus mediterraneus* Male and Female from Coastal Waters of Sevastopol (Black Sea, Ukraine) / N. Kuzminova, I. Dorokhova, I. Rudneva // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2014. – Vol. 14. – P. 183–192.
8. Овен Л. С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб / Л. С. Овен – Киев: Наукова Думка, 1976 – 131 с.
9. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин – М.: Пищепромиздат, 1966. – 376 с.
10. Алеев Ю. Г. О размножении черноморской ставриды южного стада в северных районах Черного моря / Ю. Г. Алеев // Труды Севастоп. биол.станции. – 1959 – Т. 12. – С. 271–284.
11. Abaunza P. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae) / P. Abaunza, L. Gordo, C. Karlou-Riga, A. Murta, A. T. G. W. Eltink, M. T. Garc'ia Santamar'ia, C. Zimmermann, C. Hammer, P. Lucio, S. A. Iversen, J. Molloy & E. Gallo // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2003. – Vol. 13. – С. 27–61.
12. Алеев Ю. Г. Ставрида Чёрного моря / Ю. Г. Алеев. – Симферополь: Крымиздат, 1952. – 24 с.
13. Aydin M. Age, growth, length-weight relationship and reproduction of the Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) in ordu (Black Sea) / M. Aydin, U. Karadurmuş // Ordu Univ. J. Sci. Tech. – 2012. – Vol. 2, No 2. – P. 68–77.
14. Güroy D. Some biological aspects of Atlantic mackerel caught from the Dardanelles and its vicinity (in Turkish) / D. Güroy, G. Kahyaoglu, O. Ozen, A. A. Tekinay // E.U. J of Fish and Water Pro. – 2006. – Vol. 23. – P. 91–93.
15. Pešić A. Biological characteristic of Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus Mediterraneus*, Steindachner, 1868) from the Montenegrin Shelf (Southern Adriatic) / A. Pešić, A. Joksimović, M. Đurović, M. Mandić, O. Marković, Z. Ikica // Water Research and Management. – 2012. – Vol. 2, No. 3. – P. 29–33.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE FACTOR ON INTERANNUAL CHANGES IN THE GONADOSOMATIC INDEX IN MEDITERRANEAN HORSE MACKEREL (*TRACHURUS MEDITERRANEUS*) IN THE COASTAL WATERS OF CRIMEA

Melnikova E. B.¹, Kuzminova N. S.²

¹*Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia*

²*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol, Russia*

E-mail: helena_melnikova@mail.ru

A study of the features of the change in the gonadosomatic index (GSI) in Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus* [Steindachner, 1868]), which lives on the South-Western shelf of Crimea, taking into account the influence of environmental parameters, was carried out. Samples were collected in 2010-2018 from April to September. Based on the studies, a temperature dependence of the development of the mackerel reproductive system, determined by the gonadosomatic index, was revealed. It was found that the correlation coefficients between changes in GSI and interannual changes in water temperature at the spawning peak are $r = 0.77$ for females and $r = 0.76$ for males.

The average annual GSI values for the Spring-Summer period separately for females and males, as well as the water temperature in the study area, are given. It was noted that with increasing sea water temperature from April to June, the value of GSI in females and males increases.

It was found that on April in the South-Western shelf of Crimea, the average annual GSI in females was 1.670; males – 1,110. The highest average annual GSI values were observed in horse mackerel in June and July: in females – 4.54 and 4.05, and in males – 4.52 and 6.21, respectively.

Studies have shown that with an increase in the average monthly temperature of seawater to 25.5 °C, the gonadosomatic index increases; with a further increase in water temperature, the GSI of horse mackerel, which lives on the southwestern shelf of Crimea, decreases.

The results of the analysis of the length composition of females and males of horse mackerel with gonads of different stages of maturity are presented. It was found that in years when the average temperatures for the spawning period are close to 20–20.5 °C, the maturation of the sexual products in females and males is faster, the GSI is high and spawning is more active.

The comparison showed that in the warmer regions of the Mediterranean-Black Sea region the increase in the gonadosomatic index in the Mediterranean horse mackerel is shifted to an earlier date.

Keywords: Mediterranean horse mackerel, Black Sea, gonadosomatic index (GSI), Spring-Summer period

References

1. Kozhurin E. A., Shlyakhov V. A., Gubanov E. P. The dynamics of catches of commercial fish of the Crimea in the Black Sea, *Tr. of VNIRO*. **171** (2018).
2. Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V., Nadolinsky V. P., Perevalov O. A. Commercial and biological indicators of fisheries for the most important distributed stocks of aquatic biological resources of the Black Sea as the basis for their regional assessment, *Aquatic bioresources and habitat*. **1**, 1 (2018).
3. Kasapoğlu N. Age, Growth, and Mortality of Exploited Stocks: Anchovy, Sprat, Mediterranean Horse Mackerel, Whiting, and Red Mullet in the Southeastern Black Sea, *AquatSci Eng.* **33**, 2 (2018).
4. Nikolsky G. V. *Theory of fish herd dynamics*. (1974).
5. Kuzminova N. S. The current state of juveniles of mass commercial fish species in the coastal zone of the Black Sea, *Bulletin of Zaporizhzhya National University*. **3** (2012).
6. Rudneva I. I., Kuzminova N. S., Dorokhova I. I. Age dynamics of some morphophysiological and biochemical parameters of the Black Sea horse mackerel *Trachurus mediterraneus*, *Bulletin of St. Petersburg State University*. **3**, 1. (2014).
7. Kuzminova N., Dorokhova I., Rudneva I. Age- Dependent Changes of Mediterranean *Trachurus mediterraneus* Male and Female from Coastal Waters of Sevastopol (Black Sea, Ukraine), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **14** (2014).
8. Oven L. S. *Features of oogenesis and the nature of spawning of marine fish*. (1976).
9. Pravdin I. F. *Fish study guide*. (1966).
10. Aleev Yu. G. About breeding of the Black Sea horse mackerel of the southern herd in the northern regions of the Black Sea, *Tr of Sevastop. biol. station*. **12** (1959).
11. Abauza P., Gordo L., Karlou-Riga C., Murta A., Eltink A. T. G. W., Santamaría M. T. García, Zimmermann C., Hammer C., Lucio P., Iversen S. A., Molloy J. & Gallo E. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae), *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. **13** (2003).
12. Aleev Yu. G. *Black Sea horse mackerel* (1952).
13. Aydın M., Karadurmug U. Age, growth, length-weight relationship and reproduction of the Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) in ordu (Black Sea), *Ordu Univ. J. Sci. Tech.* **2**, 2. (2012).
14. Güroy D., Kahyaoğlu G., Ozen O., Tekinay A. A. Some biological aspects of Atlantic mackerel caught from the Dardanelles and its vicinity (in Turkish), *E.U. J of Fish and Water Pro.* **23** (2006).
15. Pešić A. Joksimović A., Đurović M., Mandić M., Marković O., Ikica Z. Biological characteristic of Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus Mediterraneus*, Steindachner, 1868) from the Montenegrin Shelf (Southern Adriatic), *Water Research and Management*. **2**, 3. (2012).