

УДК 597.585.1.591.134.

ВОЗРАСТ, РОСТ, СОЗРЕВАНИЕ И СМЕРТНОСТЬ БЫЧКА-ТРАВЯНИКА *ZOSTERISESSOR OPHIOCEPHALUS* (GOBIIDAE) КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

© 2022 г. Д. Н. Куцын¹, *, И. И. Чеснокова¹, О. Н. Данилюк¹,
С. В. Статкевич¹, Э. Р. Аблязов¹, Р. Е. Белогурова¹

¹Институт биологии южных морей РАН – ИнБЮМ РАН, Севастополь, Россия

*E-mail: makaira88@gmail.com

Поступила в редакцию 10.09.2020 г.

После доработки 05.10.2020 г.

Принята к публикации 15.10.2020 г.

Рассматривается половая и размерно-возрастная структура, рост, созревание и смертность бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* Каркинитского залива Чёрного моря. Соотношение самцов и самок в уловах 1.00 : 0.57; максимальная общая длина самок 23.1 см, возраст 5 лет, самцов – 24.4 см, 6 лет. Межполовые различия в росте не выявлены. Рассчитаны значения параметров уравнения Бергаланфи: для обоих полов предельная длина составляет 28.7 см, масса – 199.9 г, коэффициент роста – 0.30 год⁻¹; 50% самок созревают при длине 12.26 см, самцов – 12.99 см в возрасте 1+. Коэффициенты общей, естественной и промысловой смертности составляют соответственно 0.91, 0.61 и 0.30 год⁻¹. *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива отличается от средиземноморских популяций более высоким темпом роста, большими предельными размерами, более ранними сроками созревания.

Ключевые слова: бычок-травяник *Zosterisessor ophiocephalus*, рост, возраст, смертность, созревание, Каркинитский залив, Чёрное море.

DOI: 10.31857/S0042875221060114

Бычок-травяник *Zosterisessor ophiocephalus* – эвригалинный демерсальный вид семейства бычковых (Gobiidae); представитель монотипического рода. Распространён в Средиземном море и прилегающих частях Атлантического океана. В Чёрном море зарегистрирован у берегов Крыма, Кавказа, Болгарии, Румынии и Турции, в северо-западной части моря, в Егорлыцком заливе, Тилигульском, Сухом и Днепровском лиманах, дельте Дуная, Варненском и Бургасском озерах, в западной части Азовского моря и Сиваше. В пресных водах не встречается. Средой обитания служат скопления морских трав, преимущественно рода *Zostera*. В Сиваше и Каркинитском заливе достигает высокой численности и является объектом местного промысла (Световидов, 1964).

Биологические особенности вида изучены слабо. Известны работы, посвящённые изучению влияния загрязнения на некоторые биохимические и морфофизиологические показатели *Z. ophiocephalus* из акватории Туниса (Mabrouk et al., 2014; Louiz et al., 2017) и Венецианской лагуны (Адриатическое море) (Livingstone et al., 1995). Авторы указывают, что *Z. ophiocephalus* может служить видом-индикатором состояния окружающей среды в связи с оседлым образом жизни и

высокой чувствительностью биохимических параметров к загрязнению. Имеются данные по размерно-возрастной структуре популяции, росту и воспроизводству бычка-травяника Измирского залива и северной части Эгейского моря (Akyol, 2003; Gurkan et al., 2010), Новиградского моря (Восточная Адриатика) (Đodo et al., 2013, 2020), зал. Габес (Центральное Средиземноморье) (Hajji et al., 2013). При этом возраст, рост, созревание и смертность *Z. ophiocephalus* Чёрного моря остаются неизученными.

В Каркинитском заливе бычок-травяник достигает высокой численности (Прищепина и др., 2018), в значительном количестве регистрируется в качестве прилова при промысле креветок *Palaemon*, но его специализированный промысел не ведётся в связи с отсутствием сведений о биологических особенностях вида. Без этих знаний невозможно рациональное промысловое использование *Z. ophiocephalus*, они необходимы также и для понимания экологических закономерностей изменчивости вида, его адаптации к условиям северо-западной части Чёрного моря, что особенно актуально в условиях глобальных климатических изменений.

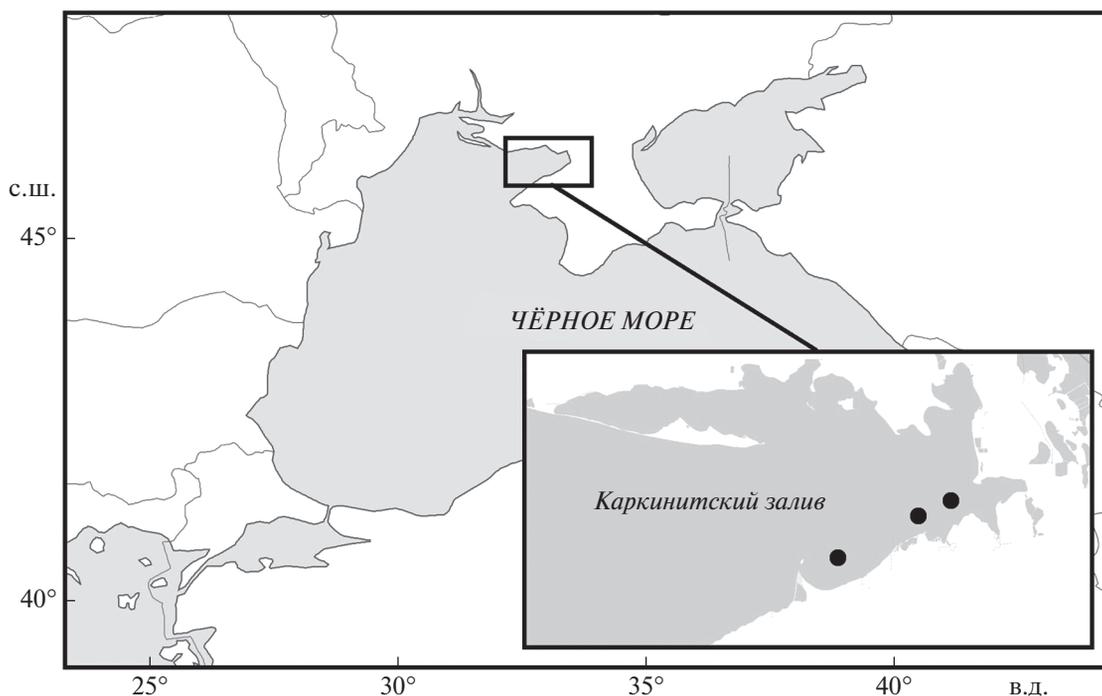


Рис. 1. Карта-схема района исследований: (●) – места отбора проб.

Цель данной работы – изучить половую и размерно-возрастную структуру, рост, созревание и смертность *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива, проанализировать эколого-географическую изменчивость биологических особенностей вида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собран в июне 2018 г. в юго-восточной части Каркинитского залива в районе сёл Аврора (45°47'32" с.ш. 33°15'16" в.д.), Портовое (45°53'27" с.ш. 33°27'37" в.д.) и Кумово (45°54'58" с.ш. 33°36'9" в.д.) (рис. 1). В качестве орудий лова использовали вентеря с размером ячеи 7.5 мм, глубина постановки 1.0–1.5 м. Объём исследованного материала составил 375 экз.

Биологический анализ включал измерение общей длины (TL) с точностью 0.1 см, общей массы тела (W) с точностью 0.1 г. Определяли пол и стадию зрелости гонад по 5-балльной шкале (Правдин, 1966). Экземпляр считали половозрелым, если его гонады находились на III стадии зрелости и выше. Возраст определяли по отолитам. После очистки и просушки их просматривали в отражённом свете на тёмном фоне при 20-кратном увеличении. Годовым кольцом считали границу между внешним краем опаковой зоны и внутренним краем транслюцентной зоны, начинающейся формироваться вскоре после сезона размножения (Granzotto et al., 2003). Радиус отолита (OR) определяли как прямую, соединяющую ядро ото-

лита и постростральный край (рис. 2). Обратные расчисления проводили по формуле Фрейзера–Ли (Lee, 1920): $L_i = [S_i(L_c - c)/S_c] + c$, где S_i – радиус годового кольца, соответствующий возрасту i ; L_c – TL рыбы при поимке, S_c – радиус отолита (OR) при поимке, c – интерсепт линейной регрессии TL – OR . Для описания линейного и весового роста применяли уравнения Берталанфи (Bertalanffy, 1938; Рикер, 1979; Мина, Клевезаль, 1976): $L = L_\infty[1 - e^{-k(t-t_0)}]$ и $W = W_\infty[1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$, где L_∞ и W_∞ – асимптотическая длина и масса; k – константа, характеризующая скорость приближения к L_∞ или W_∞ ; t_0 – возраст рыбы, когда её длина и масса в рассматриваемой модели равна 0; b – показатель степени зависимости между длиной и массой ($W = aTL^b$); рассчитывали индекс роста для длины и массы (Pauly et al., 1988): $\phi' = \lg k + 2\lg L_\infty$ и $\phi = \lg k + (2\lg W_\infty)/3$. Параметры уравнений Берталанфи рассчитывали в программе Statistica 12 методом наименьших квадратов.

При изучении созревания использовали логистическую модель: $Y_{TL} = 100/[1 + \exp^{-a(TL - b)}]$, где Y_{TL} – доля половозрелых особей, a – угловой коэффициент, b – точка перегиба, соответствующая длине, при которой созревают 50% особей (TL_{50}) в принятой модели (Shiraishi et al., 2010).

Для определения общей смертности (Z) строили линейную регрессию: $\ln N_t = a + bt$, где t – возраст, N_t – численность особей в возрасте t . В данной модели $Z = -b$ (Cadima, 2003). Естественную



Рис. 2. Отолит трехгодовалой самки бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* TL 17.4 см: (●) – годовые кольца, (—) – радиус отолита.

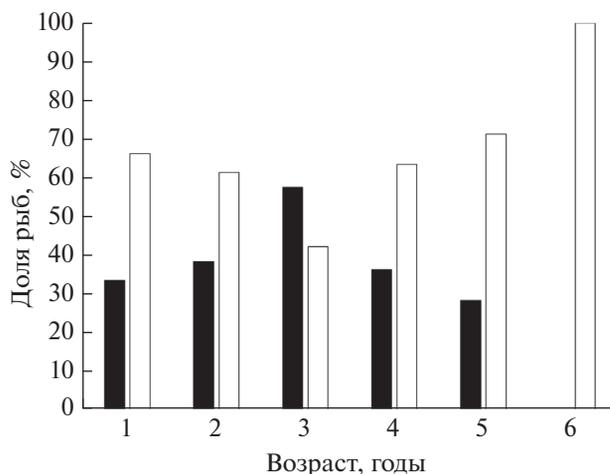


Рис. 3. Соотношение самок (■) и самцов (□) в разных возрастных группах бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* Каркинитского залива.

смертность (M) определяли по эмпирической формуле (Pauly, 1980): $\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log k + 0.463 \log T$, где T – среднегодовая температура поверхности моря. Промысловую смертность (F) рассчитывали как разницу между общей и естественной смертностью: $F = Z - M$ (Рикер, 1979).

При анализе полового состава применяли критерий χ^2 ; для оценки различий между полами по длине, массе и возрасту использовали непараметрический U -критерий Манна–Уитни. Статистический анализ выполнен с помощью программных пакетов MS Excel и Statistica 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Соотношение полов (рис. 3) в уловах бычка-травяника заметно смещено в сторону самцов – 1.00 : 0.57; отличия от 1 : 1 статистически значимые ($\chi^2 = 26.7$, $df = 1$, $p < 0.05$). Преобладание самцов наблюдается среди годовиков ($\chi^2 = 23.2$, $df = 1$, $p = 0.005$) и 2-годовиков ($\chi^2 = 4.85$, $df = 1$, $p = 0.028$). Отличия от соотношения 1 : 1 в старших возрастных группах не являются статистически значимыми: 3-годовики – $\chi^2 = 0.62$, $df = 1$, $p = 0.430$; 4-годовики – $\chi^2 = 3.57$, $df = 1$, $p = 0.058$; 5-годовики – $\chi^2 = 3$, $df = 1$, $p = 0.080$; 6-годовики – $\chi^2 = 1$, $df = 1$, $p = 0.320$.

Размерно-возрастная структура. Длина самок варьировала в пределах 7.2–23.1 (в среднем 11.8 ± 0.3) см, самцов – 6.7–24.4 (11.7 ± 0.3) см (рис. 4а). Межполовые различия распределения по длине статистически не значимы (U -критерий, $n_f = 128$, $n_m = 225$, $p = 0.45$). Для обоих полов средняя длина составила 11.8 ± 0.2 см ($n = 353$).

Масса самок варьировала в пределах 3.0–115.2 (19.0 ± 1.7) г, самцов – 2.5–138.2 (19.5 ± 1.4) г (рис. 4б). Межполовые различия распределения по массе не достоверны (U -критерий, $n_f = 128$, $n_m = 225$, $p = 0.94$). Для обоих полов средняя масса равна 19.3 ± 1 г ($n = 353$).

Максимальный возраст самок составляет 5 лет, самцов – 6 лет (рис. 4в); средний возраст соответственно – 1.60 ± 0.07 и 1.55 ± 0.06 года. Межполовые различия распределения по возрасту также не достоверны (U -критерий, $n_f = 128$, $n_m = 225$, $p = 0.27$). Для обоих полов средний возраст составил 1.57 ± 0.05 года.

Размерно-возрастной ключ составлен по результатам определения возраста у 375 особей; в связи с отсутствием достоверных различий в размерно-возрастной структуре самок и самцов данные для обоих полов объединены (табл. 1).

Темп роста и половое созревание. Наибольший абсолютный прирост длины *Z. ophiocephalus* наблюдается до полового созревания: к концу 1-го года жизни самки и самцы достигают TL 9.3 и 9.6 см (табл. 2). Половое созревание самок описывается уравнением $Y_{TL} = 100/[1 + e^{-1.53(TL - 12.26)}]$ (рис. 5а), самцов – $Y_{TL} = 100/[1 + e^{-0.79(TL - 12.99)}]$ (рис. 5б); межполовые различия в динамике созревания выражены слабо. Созревание как самок, так и самцов начинается при TL 10 см в возрасте 1+ и заканчивается при TL 16 см в возрасте 3+; у самок $TL_{50} = 12.26 \pm 0.20$ см, у самцов – 12.99 ± 0.30 см. После полового созревания темп роста закономерно замедляется; на 2-м году жизни прирост составляет 4.0–4.5 см, на 3–6-м снижается с 2.7 до 1.5 см.

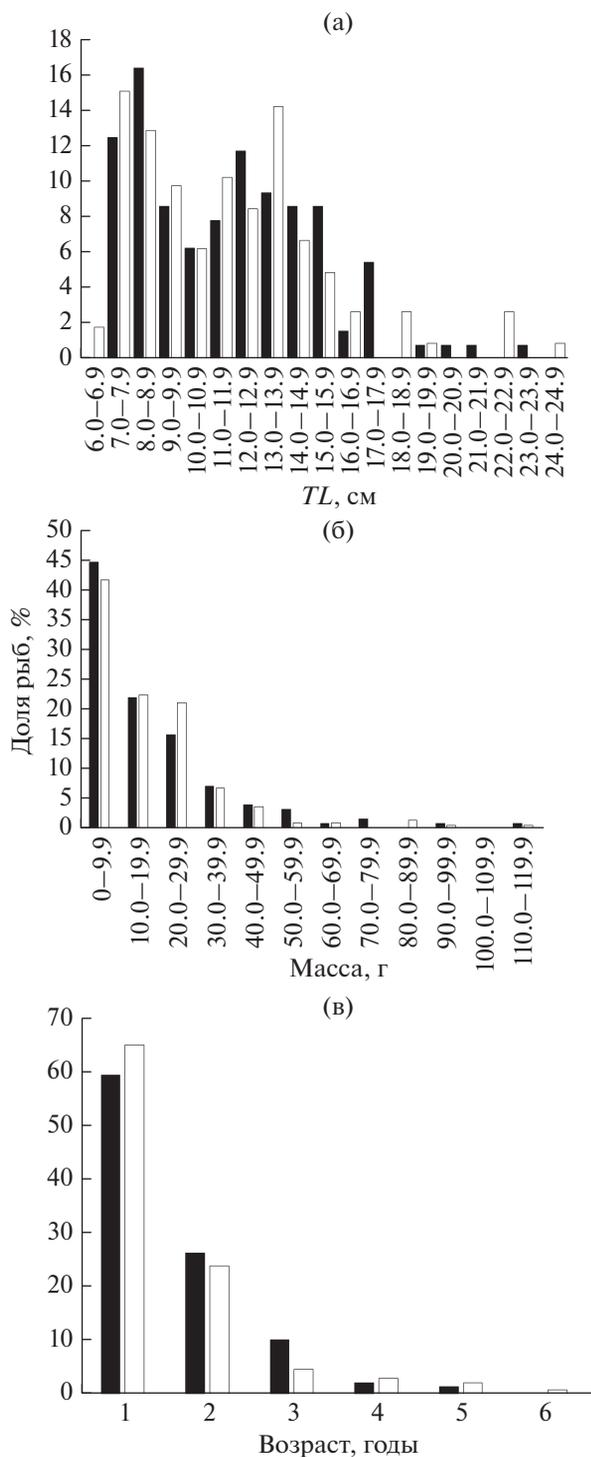


Рис. 4. Размерно-возрастной состав самок и самцов бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* в уловах в Каркинитском заливе: а – длина (TL), б – масса, в – возраст; обозначения см. на рис. 3.

Наибольшие ежегодные приросты массы тела (до 30–38 г) наблюдаются в возрасте 3–5 лет. Уравнения зависимости массы (W , г) от длины (TL , см) у самок, самцов и у обоих полов имеют

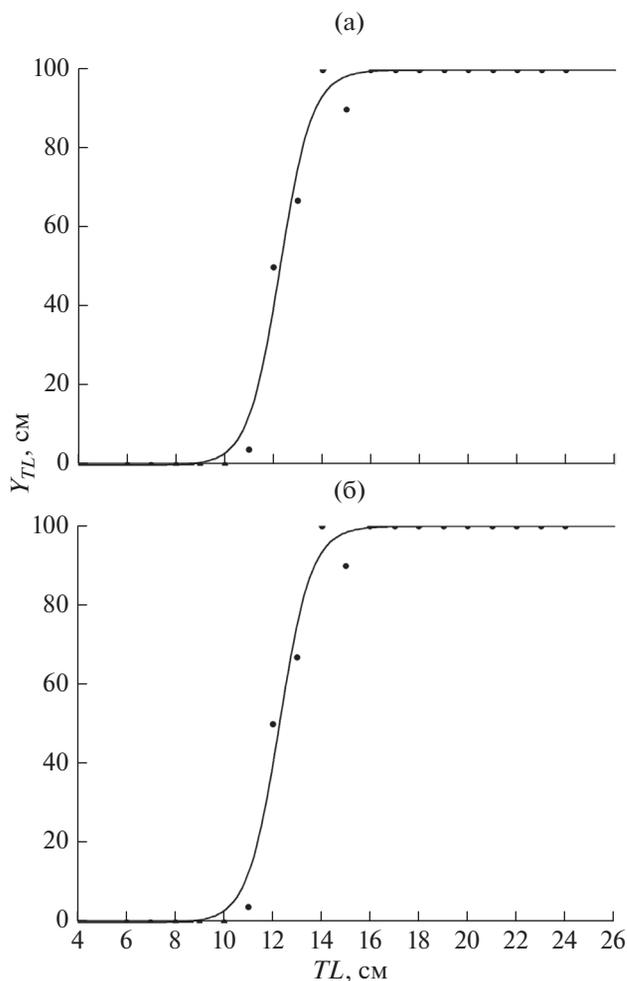


Рис. 5. Доля половозрелых (Y_{TL}) самок (а) и самцов (б) бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* в зависимости от длины (TL) в Каркинитском заливе.

вид соответственно: $W = 0.01 TL^{2.93}$ ($R^2 = 0.91$), $W = 0.01 TL^{2.89}$ ($R^2 = 0.97$), $W = 0.01 TL^{2.95}$ ($R^2 = 0.95$). Из уравнений следует, что весовой рост *Z. ophiocephalus* близок к изометрическому ($b = 2.95$, пропорции тела не меняются с увеличением размеров) (Рикер, 1979). Межполовые различия не выражены.

Обратные расчисления. Рост возраст-регистрационных структур пропорционален увеличению размеров тела (Рикер, 1979). Это свойство позволяет использовать их для обратных расчислений длины рыбы. Связь общей длины тела (TL , см) с радиусом отолита (OR , мм) у *Z. ophiocephalus* описывается линейной регрессией: $TL = 7.66OR - 2.34$ ($R^2 = 0.87$, $n = 223$). Из табл. 3 следует, что результаты обратных расчислений в значительной степени соответствуют наблюдаемым данным: во всех возрастных группах различия общей длины не достоверны (U -критерий, $p > 0.20$).

Таблица 1. Размерно-возрастной ключ бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* Каркинитского залива (объединены оба пола)

Длина (<i>TL</i>), см	Возраст, годы						Число рыб, экз.
	1	2	3	4	5	6	
6.0–6.9	4						4
7.0–7.9	55						55
8.0–8.9	58						58
9.0–9.9	39						39
10.0–10.9	26						26
11.0–11.9	28	7					35
12.0–12.9	21	14					35
13.0–13.9	2	37					39
14.0–14.9	1	23	2				26
15.0–15.9	1	12	10				23
16.0–16.9		2	7				9
17.0–17.9		1	5				6
18.0–18.9			2	4			6
19.0–19.9				3			3
20.0–20.9				1			1
21.0–21.9					1		1
22.0–22.9				1	5		6
23.0–23.9					1		1
24.0–24.9						2	2

Таблица 2. Длина и масса ($M \pm SE$) самцов и самок бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* разного возраста в уловах в Каркинитском заливе

Возраст, годы	Самки			Самцы		
	Длина (<i>TL</i>), см	Масса, г	<i>n</i> , экз.	Длина (<i>TL</i>), см	Масса, г	<i>n</i> , экз.
1	9.3 ± 0.2	8.1 ± 0.6	81	9.6 ± 0.2	5.35 ± 0.5	152
2	13.9 ± 0.2	22.5 ± 1.2	36	13.7 ± 0.2	25.7 ± 1.8	56
3	16.3 ± 0.3	43.9 ± 3.8	14	16.5 ± 0.4	36.6 ± 5.8	11
4	19.0 ± 0.7	67.2 ± 6.6	3	19.4 ± 0.6	65.3 ± 5.8	7
5	22.2 ± 0.9	104.6 ± 10.7	2	22.8 ± 0.1	96.5 ± 16.4	5
6				24.3 ± 0.1	127.5 ± 8.3	2

Примечание. Здесь и в табл. 3: $M \pm SE$ – среднее значение и стандартная ошибка.

Таблица 3. Эмпирические и расчисленные значения длины (*TL*) бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* Каркинитского залива (оба пола)

Возраст, годы	Эмпирические данные		Обратные расчисления	
	<i>TL</i> , см	<i>n</i> , экз.	<i>TL</i> , см	<i>n</i> , экз.
1	9.49 ± 0.12	237	9.45 ± 0.13	222
2	13.80 ± 0.12	94	13.90 ± 0.15	86
3	16.36 ± 0.24	25	16.98 ± 0.56	15
4	19.30 ± 0.45	10	21.65 ± 0.38	3
5	22.60 ± 0.24	7	22.90 ± 0.28	3
6	24.33 ± 0.10	2	24.23	1

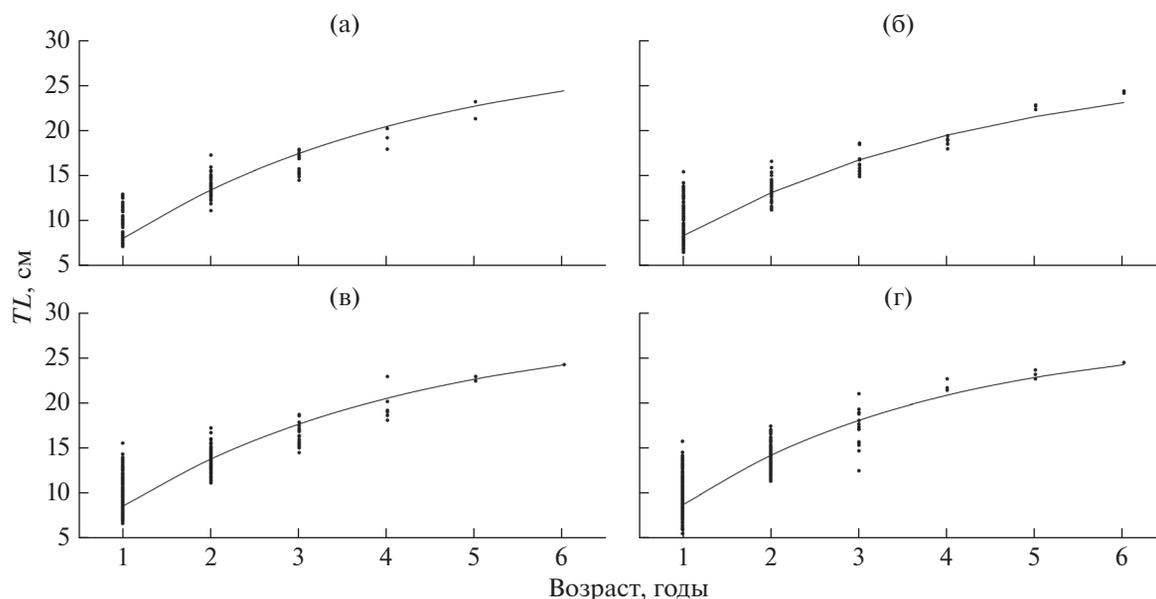


Рис. 6. Кривые линейного роста (TL) бычка-трявяника *Zosterisessor ophiocephalus* Каркинитского залива, описываемые уравнением Бергаланфи: а – самки, б – самцы; в, г – оба пола (в – по наблюдаемым данным, г – по данным обратных расчислений).

Моделирование роста. Уравнения Бергаланфи, описывающие линейный и весовой рост *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива, имеют следующий вид: самки – $TL = 29.3[1 - e^{-0.29(t + 0.11)}]$ и $W = 218.2[1 - e^{-0.29(t + 0.11)}]^{2.93}$, самцы – $TL = 28.0[1 - e^{-0.28(t + 0.29)}]$ и $W = 167.4[1 - e^{-0.28(t + 0.29)}]^{2.89}$, оба пола по наблюдаемым данным – $TL = 28.7[1 - e^{-0.30(t + 0.18)}]$ и $W = 199.9[1 - e^{-0.30(t + 0.18)}]^{2.95}$, оба пола по результатам обратных расчислений – $TL = 27.4[1 - e^{-0.34(t + 0.09)}]$ и $W = 174.9[1 - e^{-0.34(t + 0.18)}]^{2.95}$. Из результатов моделирования следует, что разница в линейном росте самок и самцов не выражена (рис. 6а, 6б). Значения параметров уравнений, рассчитанных по наблюдаемым данным, соответствуют величинам, полученным в результате обратных расчислений (рис. 6в, 6г). Высокие значения коэффициента k (0.30 год^{-1} для обоих полов) свидетельствуют о быстром достижении предельных размеров, что характерно для видов с коротким жизненным циклом: 50% L_{∞} (14.4 см) *Z. ophiocephalus* достигает уже к концу 2-го года жизни.

Смертность. Коэффициент общей смертности обоих полов *Z. ophiocephalus* в Каркинитском заливе составляет 0.91 год^{-1} , самок – 0.93 год^{-1} , самцов – 0.83 год^{-1} . Коэффициент естественной смертности зависит от темпа роста и предельных размеров; межполовые различия этих показателей у *Z. ophiocephalus* практически отсутствуют, поэтому значения M у самок и самцов близки – соответственно 0.60 и 0.61 год^{-1} ; для обоих полов – 0.61 год^{-1} . Коэффициент промыс-

ловой смертности для обоих полов, самок и самцов равен соответственно 0.30 , 0.34 и 0.23 год^{-1} .

ОБСУЖДЕНИЕ

Размерно-возрастная и половая структура популяции, рост, созревание и смертность являются ключевыми параметрами, характеризующими жизненный цикл рыб. Этим показателям свойственна определённая пластичность в связи с условиями обитания (Никольский, 1974). Поэтому анализ их эколого-географической изменчивости представляет интерес для понимания закономерностей эволюционного процесса.

По нашим и опубликованным данным (Akyol, 2003; Gurkan et al., 2010; Đodo et al., 2013, 2020; Najji et al., 2013), половой диморфизм у *Z. ophiocephalus* на всём протяжении ареала вида практически не выражен. При этом в третичном соотношении полов преобладают самцы (со значимым отличием от 1 : 1): зал. Габес – 1 : 0.74 ($\chi^2 = 17.5$, $df = 1$, $p < 0.05$) (Najji et al., 2013), зал. Измир – 1 : 0.71 ($\chi^2 = 21.9$, $df = 1$, $p < 0.05$) (Akyol, 2003), Каркинитский залив – 1 : 0.57 ($\chi^2 = 26.7$, $df = 1$, $p < 0.05$) (наши данные). Преобладание самцов может быть следствием дифференциальной смертности молоди или селективности орудий лова по отношению к полу (например, в связи с этологическими различиями). Вероятно, асимметрия полового состава связана со сложной тактикой размножения и заботой самцов о потомстве. Как правило, строительством гнезда и охраной кладки занимается крупный самец ($TL > 15$ см, старше 3 лет).

Таблица 4. Параметры уравнений Бергаланфи и индексы роста бычка-травяника *Zosterisessor ophiocephalus* из разных частей ареала

Район (источник информации)	Пол	L_{∞} , см	k , год ⁻¹	W_{∞} , г	a	b	t_0 , год	ϕ'	ϕ
Чёрное море, Каркинитский залив (наши данные)	Самки	29.3	0.29	218.2	0.011	2.93	-0.11	2.40	1.02
	Самцы	28.0	0.28	167.4	0.011	2.89	-0.29	2.34	0.93
	Оба пола	28.7	0.30	199.9	0.010	2.95	-0.18	2.39	1.04
Эгейское море, зал. Измир (Akyol, 2003)	Оба пола	27.4	0.17		0.009	3.06	-2.12	2.11	
Средиземное море, зал. Габес (Hajji et al., 2013)	Самки	24.1	0.20	157.8	0.020	2.73	-0.80	2.07	0.77
	Самцы	24.8	0.19	150.9	0.025	2.81	-0.91	2.07	0.73
	Оба пола	24.5	0.20	155.6	0.020	2.81	-0.81	2.08	0.76

При этом в оплодотворении кладки принимают участие от двух до шести мелких самцов, не строящих гнёзд самостоятельно, но характеризующихся более высоким качеством половых продуктов (Mazzoldi et al., 2000; Pastres et al., 2002). Таким образом, в процессе нереста у *Z. ophiocephalus* принимают участие две функционально и морфологически различные группы самцов. С одной стороны, такая стратегия обеспечивает высокую выживаемость потомства, с другой — увеличивается рекомбинация генетического материала и эволюционная пластичность. В связи с этим асимметрия в третичном половом составе обеспечивает оптимальное соотношение самцов разных функциональных групп, носит адаптивный характер и закрепляется отбором. Однако для установления действительной причины преобладания самцов необходимы дополнительные исследования.

Рост пойкилотермных животных как проявление метаболизма тесно связан с температурой окружающей среды. В пределах ареала вида снижение средней температуры воды в высокоширотном направлении в большинстве случаев сопровождается увеличением предельной длины L_{∞} , максимального возраста и индексов роста ϕ' и ϕ . При этом коэффициент k , пропорциональный скорости катаболизма в модели Бергаланфи, как правило, снижается (Pauly, 1981). В результате наблюдается снижение темпа роста при увеличении максимальных и средних размеров, сроков созревания и продолжительности жизни в направлении к высокоширотным границам ареала. Параметры роста *Z. ophiocephalus* отчасти согласуются с общими закономерностями: в северном направлении закономерно увеличиваются значения L_{∞} и W_{∞} (табл. 4). Однако величина коэффициента k в Каркинитском заливе, вопреки ожидаемому снижению, выше, чем у южных границ ареала, в зал. Габес (0.30 против 0.20 год⁻¹), т.е. увеличение максимальных размеров сопровождается не снижением темпа линейного роста, а увеличением.

Это находит отражение в индексах линейного и весового роста, значения которых наибольшие в Каркинитском заливе. Продолжительность жизни при этом на всех рассматриваемых участках ареала остаётся в пределах 5–6 лет (Akyol, 2003; Hajji et al., 2013).

Высокий темп роста *Z. ophiocephalus* в Каркинитском заливе по сравнению с более южными популяциями сопровождается сокращением сроков созревания. В зал. Габес возраст полового созревания бычка-травяника составляет 2.9–3.5 лет при TL 12.7–13.9 см (Hajji et al., 2013), в то время как в Каркинитском заливе он массово созревает в возрасте 1+ при той же длине, что способствует увеличению популяционной плодовитости.

Высокие значения k и высокий темп роста *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива указывают на факторы, влияние которых обратно направлено температуре. В качестве одного из них следует указать высокую продуктивность этого района, определяющую состояние кормовой базы. Так, среднегодовая первичная продукция мелководного и прогреваемого Каркинитского залива в 1998–2007 гг. составляла в среднем 188 г С/м² в год (Финенко и др., 2010). При этом объём первичной продукции в Эгейском море в 1998–2001 гг. варьировал в пределах 125–144, а в районе зал. Габес — 158–164 г С/м² в год (Bosc et al., 2004). Нельзя исключать влияние солёности на рост *Z. ophiocephalus*: в Чёрном море она в два раза ниже, чем Средиземном (15–18 против 36–38‰). Снижение солёности до 8–20‰ способствует увеличению темпа роста морских видов рыб. Чаще всего это связано с уменьшением энергетических затрат на осморегуляцию (Voeuf, Rayan, 2001).

В контексте глобального потепления вероятно преобразование биологических особенностей *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива. Тренд изменения средней температуры поверхности Чёрного моря составляет 0.06°C в год (Sakalli, Başusta, 2018). В связи с аридизацией возможно снижение

объёма пресноводного стока и осолонение Чёрного моря. Предполагается, что условия обитания в Чёрном море станут в большей степени соответствовать современному средиземноморскому. В таком случае вектор изменения биологических особенностей *Z. ophiocephalus* будет направлен в сторону снижения предельных размеров, массы и темпа линейного и весового роста.

Результаты исследования свидетельствуют, что *Z. ophiocephalus* Каркинитского залива отличается от средиземноморских популяций более высоким темпом роста, большими максимальными размерами и массой, ранними сроками созревания. По всей видимости, это связано с температурными условиями и продуктивностью исследуемого района. Представленные в работе сведения расширяют представления о закономерностях адаптации средиземноморских мигрантов к условиям Чёрного моря и могут послужить отправной точкой в мониторинге состояния популяции *Z. ophiocephalus*, что особенно важно в условиях глобальных климатических изменений.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа подготовлена по темам государственного задания ИнБЮМ: “Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана” (№ АААА-А18-118020890074-2) и “Фундаментальные исследования популяционной биологии морских животных, их морфологического и генетического разнообразия” (№ АААА-А19-119060690014-5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. М.: Наука, 291 с.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб. М.: Пищ. пром-сть, 448 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 391 с.
- Прищепина Р.Е., Болтачев А.Р., Карпова Е.П. 2018. Разнообразии бычковых рыб (Perciformes: Gobiidae) Каркинитского залива (Черноморское побережье Крымского полуострова) // Матер. междунар. науч.-практ. конф. “Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование”. Симферополь: Ариал. С. 259–265.
- Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 408 с.
- Световидов А.Н. 1964. Рыбы Черного моря. М.: Наука, 550 с.
- Финенко З.З., Суслин В.В., Чурилова Т.Я. 2010. Оценка продуктивности фитопланктона Черного моря по спутниковым данным // ДАН. Т. 432. № 6. С. 845–848.
- Akyol O. 2003. Age, growth and reproduction period of grass goby (*Zosterisessor ophiocephalus* Pallas 1811) in the Bay of Izmir (Aegean Sea) // Arch. Fish. Mar. Res. V. 50. № 2. P. 220–224.
- Bertalanffy L., von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II) // Human Biol. V. 10. P. 181–213.
- Boeuf G., Payan P. 2001. How should salinity influence fish growth? // Comp. Biochem. Physiol. Pt. C: Toxicol. Pharmacol. V. 130. № 4. P. 411–423. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00268-X](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00268-X)
- Bosc E., Bricaud A., Antoine D. 2004. Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations // Global Biogeochem. Cycles. V. 18. № 1. P. 1–17. <https://doi.org/10.1029/2003GB002034>
- Cadima E.L. 2003. Fish stock assessment manual // FAO Fish. Tech. Paper № 393. 161 p.
- Đođo Ž., Dulčić J., Antolović N. 2013. Age and growth determination of the grass goby (*Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1814) in the Novigrad Sea (Adriatic) // 48 Hrvatskii Međunarodni Simpozij Agronoma. Dubrovnik. P. 629–632.
- Đođo Ž., Antolović N., Glavić N., Šprem J.S. 2020. Length-weight relationship of grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* from Novigrad Sea-eastern Adriatic Sea // 55-th Croatian and 15-th Int. Symp. Agriculture. Vodice. P. 362.
- Granzotto A., Franceschini G., Malavasi S. et al. 2003. Marginal increment analysis and Sr/Ca ratio in otoliths of the grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* // Ital. J. Zool. V. 70. № 1. P. 5–11. <https://doi.org/10.1080/11250000309356489>
- Gurkan S., Bayhan B., Akcinar S.C., Taskavak E. 2010. Length-weight relationship of fish from shallow waters of Candarli Bay (North Aegean Sea, Turkey) // Pakistan J. Zool. V. 42. № 4. P. 495–498.
- Hajji F., Ouannes-Ghorbel A., Ghorbel M., Jarboui O. 2013. Age and growth of the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811 in the Gulf of Gabes (Tunisia, central Mediterranean) // Acta Adriatica. V. 54. № 1. P. 27–39.
- Lee R.M. 1920. A review of the methods of age and growth determinations in fishes by means of scales // Fish. Invest. London. Ser. II. V. 4. P. 1–35.
- Livingstone D.R., Lemaire P., Matthews A. et al. 1995. Assessment of the impact of organic pollutants on goby (*Zosterisessor ophiocephalus*) and mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Venice Lagoon, Italy: biochemical studies // Mar. Environ. Res. V. 39. P. 235–240.
- Louiz I., Hassine O., Palluel O. et al. 2017. Seasonal rhythm of physiological indexes, liver protein level, and biotransformation biomarkers in *Zosterisessor ophiocephalus* and *Gobius niger* from a low contaminated lagoon (Ghar El Melh lagoon, Tunisia) // Biol. Rhythm Res. V. 48. № 6. P. 963–977. <https://doi.org/10.1080/09291016.2017.1333187>
- Mabrouk L., Guarred T., Hamza A. et al. 2014. Fluctuating asymmetry in grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811 inhabiting polluted and unpolluted area in Tunisia // Mar. Pollut. Bull. V. 85. № 1. P. 248–251.

- Mazzoldi C., Scaggiante M., Ambrosin E., Rsoito M.B.* 2000. Mating system and alternative male mating tactics in the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Teleostei: Gobiidae) // *Mar. Biol.* V. 137. P. 1041–1048.
<https://doi.org/10.1007/S002270000417>
- Pastres R., Pranovi F., Libralato S. et al.* 2002. “Birthday effect” on the adoption of alternative mating tactics in *Zosterisessor ophiocephalus*: evidence from a growth mode // *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* V. 82. № 2. P. 333–337.
<https://doi.org/10.1017/S0025315402005520>
- Pauly D.* 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks // *J. Cons. Int. Explor. Mer.* V. 39. № 2. P. 175–192.
- Pauly D.* 1981. The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy’s theory of growth // *Meeresforschung.* V. 28. № 4. P. 251–282.
- Pauly D., Moreau J., Prein M.* 1988. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and aquaculture // *ICLARM Conf. Proc.* V. 15. P. 469–479.
- Sakalli A., Başusta N.* 2018. Sea surface temperature change in the Black Sea under climate change: a simulation of the sea surface temperature up to 2100 // *Int. J. Climat.* V. 38. № 13. P. 4687–4698.
<https://doi.org/10.1002/joc.5688>
- Shiraishi T., Tanaka H., Ohshimo S. et al.* 2010. Age, growth and reproduction of two species of scad, *Decapterus macrostoma* and *D. macarellus* in the waters off southern Kyushu // *Jpn. Agric. Res. Quarterly.* V. 44. № 2. P. 197–206.
<https://doi.org/10.6090/jarq.44.197>