

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖАБР ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ИХТИОФАУНЫ

Зозуль А.Ю.

ТО «Ихтиология» ЦЭНТУМ

Руководитель: Кузьмина Н.С., ЦЭНТУМ, педагог доп. образования,
к.б.н., старш. науч. сотрудник

1. Литературный обзор

Эволюция рыб привела к появлению жаберного аппарата, увеличению дыхательной поверхности жабр, а отклонение от основной линии развития – к выработке приспособлений для использования кислорода воздуха.

Большинство рыб дышит растворенным в воде кислородом, но есть виды, приспособившиеся частично и к воздушному дыханию (двоякодышащие, прыгун, змееголов и др.). Форма жабр разнообразна в зависимости от видовой принадлежности и подвижности: это или мешочки со складочками (у рыбообразных), или пластинки, лепестки, пучки слизистой, имеющие богатую сеть капилляров. Все эти приспособления направлены на создание наибольшей поверхности при наименьшем объеме.

Строение жабр

Четыре дуги на внешней выпуклой стороне имеют по два ряда жаберных лепестков, поддерживаемых опорными хрящами (рис. 1). Жаберные лепестки покрыты тонкими складками – лепесточками. В них

и происходит газообмен. К основанию жаберных лепестков подходит приносящая жаберная артерия, ее капилляры пронизывают лепесточки; из них окисленная (артериальная) кровь по выносящей жаберной артерии попадает в корень аорты. В результате полезная дыхательная поверхность жабр очень велика [3].

Механизм дыхания

Более активные рыбы имеют относительно большую поверхность жабр; у окуня она почти в 2,5 раза больше, чем у камбалы. Общая схема механизма дыхания у высших рыб представляется в следующем виде. При вдохе рот открывается, жаберные дуги отходят в стороны, жаберные крышки наружным давлением плотно прижимаются к голове и закрывают жаберные щели. Вследствие уменьшения давления вода всасывается в жаберную полость, омывая жаберные лепестки. При выдохе рот закрывается, жаберные дуги и жаберные крышки сближаются, давление в жаберной полости увеличивается, жаберные щели открываются и вода выжимается через них наружу (рис. 1).

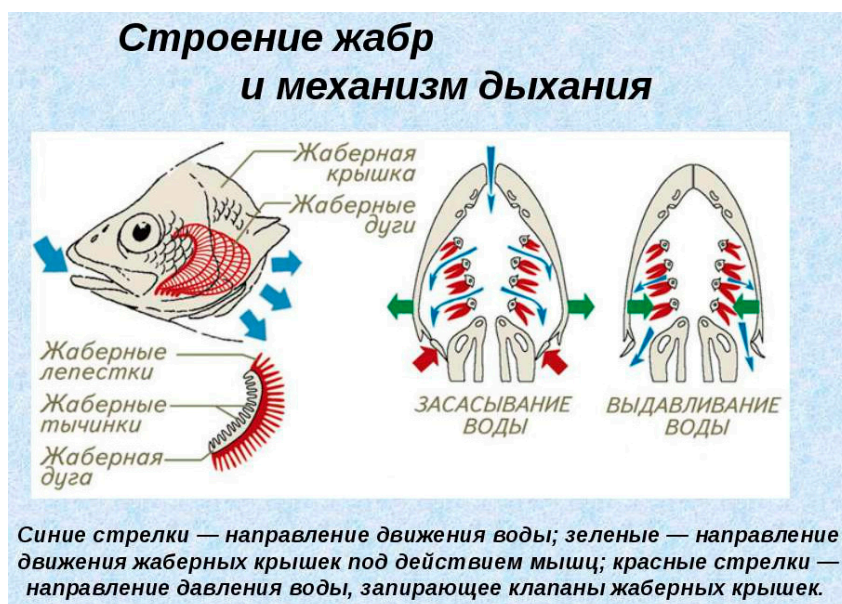


Рис. 1. Строение жабр рыб. Механизм дыхания

Нормально функционирующая дыхательная система рыб обеспечивает развитие их популяций. Это позитивно сказывается на экологии и пищевом балансе человека и животных. Поэтому недопустимо загрязнение воды в водоемах, нарушение нормального тока рек, браконьерство. Негативно влияет на нее потепление климата, обезвоживание рек и морей [17, 18].

Актуальность исследований

Морфофизиологические параметры черноморских рыб

Черноморские рыбы достаточно хорошо изучены ихтиологами в разные периоды времени. Основное внимание ранее уделялось анализу видового состава рыб, а также здоровья особей. В этом отношении исследования изменения веса органов в зависимости от влияния на них естественных и антропогенных факторов. Так, например, уже описаны закономерности изменения массы селезенки, печени, сердца некоторых видов рыб Черного моря [4, 8, 16].

В связи с вышеперечисленным можно сделать вывод, что индексы многих внутренних органов черноморских рыб довольно хорошо изучены, в то время как индекс жабр почти не исследовался. С учетом того, что это не только жизненно важный орган, но и одна из первых частей организма, «встречающая» токсикианты, мы посчитали необходимым изучить данный параметр черноморских видов как можно детальнее.

Данный научный проект актуален в связи с тем, что данная тема на черноморских рыбах никем не затрагивалась, хотя данные об информативности анализа этого органа имеются [7, 10, 14].

Подход к анализу жабр (форма, размеры и строение) также относится к области функциональной морфологии, направления, которое на обитателях Черного моря было начато Алеевым Ю.Г. и Мордвиновым Ю.Е. [1].

Целью настоящего научного проекта – исследование показателей жабр массовых видов черноморских рыб. В соответствии с данной целью были поставлены такие задачи:

- установить зависимость индекса и объема жабр от пола у черноморской ставриды, спикары, морского ерша;
- выявить зависимость индекса и объема жабр от возраста указанных видов;
- показать зависимость индекса и объема жабр от места обитания (уровня загрязненности бухт) спикары, скорпены.

Материалы и методы

Объекты исследований

Черноморская ставрида *Trachurus mediterraeus*.

Отличительная характеристика этого пелагического миграционного вида – наличие изогнутой боковой линии с двух сторон тела, ставрида имеет серебристый цвет, прогонистое, сжатое с боков тело. Обитает в Чёрном и Мраморном морях, заходит в Азовское море.

Питается зоопланктоном и молодью мелких стайных рыб (хамса, шпрот, атерина, тюлька, некоторыми бычками и др.). Пищевыми объектами также являются ракообразные (креветки, мизиды, амфиподами, изоподами и др.) [11].

Промысел черноморской ставриды начался в 50-е годы прошлого столетия. Несмотря на межгодовую флуктуацию численности этого вида её роль как основного промыслового вида по-прежнему велика [5].

Спикара *Spicara flexuosa*

Этот придонно– пелагический вид обитает в прибрежной зоне, а к берегу подходит весной и в осенний период при похолодании воды, летом и зимой отходит на глубины.

Спикара отличается умеренно высоким телом с большим тёмным пятном над грудным плавником. Самки – имеют сероватую спину и серо-серебристые бока. Самцы очень ярко окрашены и имеют вдоль всего тела флуоресцирующие синие полосы. Самцы крупнее самок. Этот вид созревает в возрасте одного года, но представлен сначала только самками, а в возрасте три года и более – самцами.

В большей степени распространены в Средиземном и Чёрном морях, а также в Восточной Атлантике, реже – в Азовском море. Нерестится спикара в Чёрном море с конца мая до середины июля; является гермафродитом. Питаются морские окуни мелкими беспозвоночными, молодью рыб и водорослями. Имеет вторично промысловое значение, но при любительском лове – это основной объект [5, 11].

Султанка *Mullus barbatus ponticus*

Данный придонный представитель обитает на песчаном или илистом дне.

У барабули крутой лоб, есть усики на подбородке, яркая красная полоса по бокам тела. *Mullus barbatus ponticus* распространена по всему черноморскому бассейну. Икрометание у неё происходит преимущественно с июня до начала сентября. В прибрежной зоне барабулю можно встретить только в тёплое время года. Питаются мелкими ракообразными, полихетами и мелкими моллюсками. В холодный период султан-

ка отходит от берегов на большие глубины, а весной снова появляется. Даже при опасности *Mullus barbatus ponticus* не поднимается выше 20–30 см от дна.

Данный вид имеет высокое промысловое значение [5, 11].

Ерш *Scorpaena porcus*

Скорпена – донный хищник, охотящийся на свою добычу из засады. Предпочитает селиться в районах с каменистым дном, на глубине до 40 метров. Скорпена имеет массивное тело (длиной до 30 см) и крупную голову. Это позволяет рыбе заглатывать добычу размером с себя. На голове скорпены много шипов и выростов, которые играют защитную и маскирующую роль. Окраска тела буро-серая или желтая с зеленоватым оттенком. При этом, о цвете скорпены можно говорить условно, так как эта рыба может менять цвет тела или его отдельных участков.

Большое количество видов рыб рода *Scorpaenidae* обитает на глубинах от 0,5 до 40 м. Ареал обитания: Восточная Атлантика от Британских островов до Марокко, Азорские и Канарские острова, Средиземноморский бассейн. В Чёрном море широко распространён, в Азовском – регистрируется реже. В Черном море 2 вида [5].

Длина до 28, изредка достигает 31 см, обычные размеры 7–13 см. По всему телу имеются многочисленные шипы [11].

Размножаются скорпены с апреля до середины сентября; откладывает икру порционно [5]. Плодовитость составляет от 2 до 178 тыс. икринок [6]. Мальки, после пелагического образа жизни, при длине от 12 до 15 мм, переходят к донному образу жизни [11].

Массового промыслового лова нет, ловится случайно с другой рыбой и продается в свежем виде на местных рынках [11].

Эти рыбы ядовиты, укол шипов очень болезнен.

Проведение анализа

Оценку состояния жабр рыб проводили на особях, отловленных в бухтах г. Севастополя (б. Карантинная, б. Александровская, б. Балаклавская, б. Стрелецкая) (рис 2). Биологический анализ с помощью ставных неводов в 2017–2018 годах. Биоанализ рыб включал определение размеров, пола, возраста рыб по методам, описанным ранее [9, 15]. Возраст рыб определяли по чешуе для спикары и султанки, по отолидам – для ставриды и ерша.



Рис. 2. Объекты исследований

После полного биологического анализа извлекали жабры, взвешивали их а потом высчитывали индекс жабр по формуле:

вес жабр · 100% / вес тушки (%).

Измеряли объем помещая в мерный цилиндр с фиксацией изменения уровня жидкости.

Результаты измерения показателей жабр обрабатывали статистически. Все расчеты изучаемых параметров проводили с помощью стандартной программы «EXCEL».

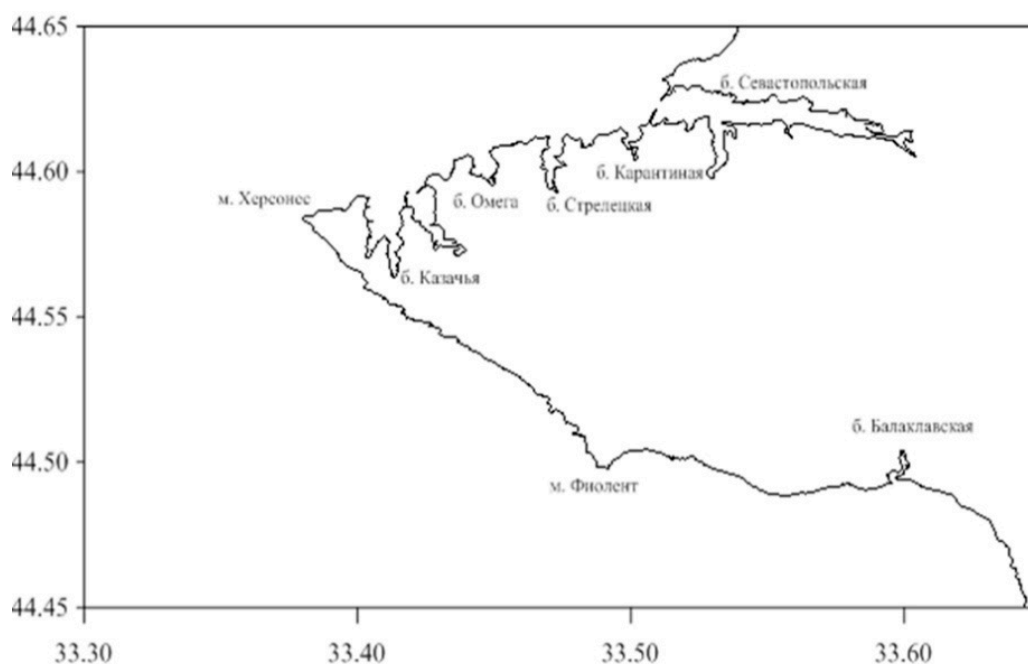


Рис. 3. Районы отлова рыб в прибрежной акватории города Севастополя



Рис. 4. Материалы исследований



Определение размеров



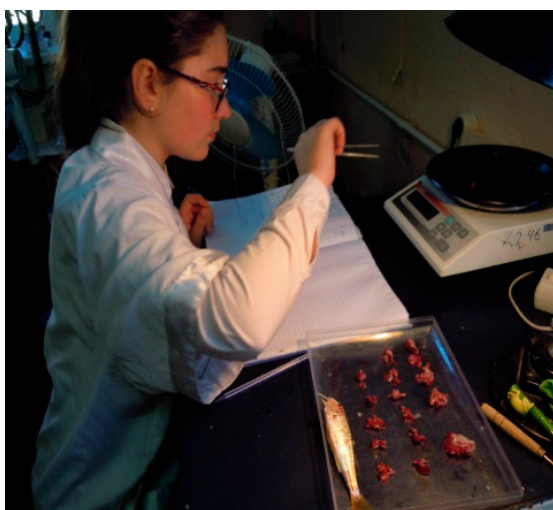
Взвешивание рыб



Извлечение жабр у ставриды



Извлечение жабр у спикары



Взвешивание жабр



Определение объема жабр

Рис. 5. Процедуры биологического анализа рыб

Результаты и обсуждение

В процессе изучения мы обнаружили, что объем жабр у самцов достоверно выше, чем у самок, а в показаниях индекса жабр достоверных отличий нет (см. рис. 7), что согласуется с результатами работы по лещу [14], а также по ершу из Ладожского озера [7] и полосатой крупночешуйной кефали *Liza macrolepis*, сома ариус *Arius gogora*, мохарры *Gerres oyena*, красноухого летрина *Lethrinus lentjan* [2].

В ходе исследований было отмечено, что объем и индекс жабр возрастали с воз-

растом, однако значения отличались слабо у предыдущей возрастной группы по отношению к последующей (см. рис. 3.2).

Сходные результаты были получены при исследовании веса жабр ерша из Онежского озера, что авторы связывали с изменением активности вида из-за изменения способа охоты [7].

Установлено, что объем жабр у спикары в Балаклавской бухте ниже, чем в более загрязненной акватории (см. табл. 1). Не было выявлено четких различий в индексе жабр рыб из разных бухт.

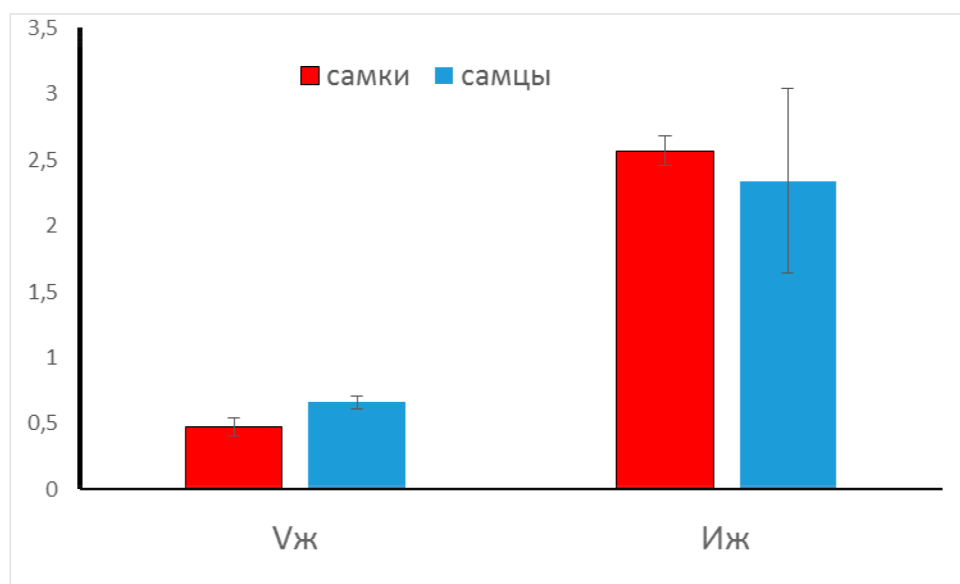


Рис. 6. Зависимость объема и индекса жабр от пола у спикары

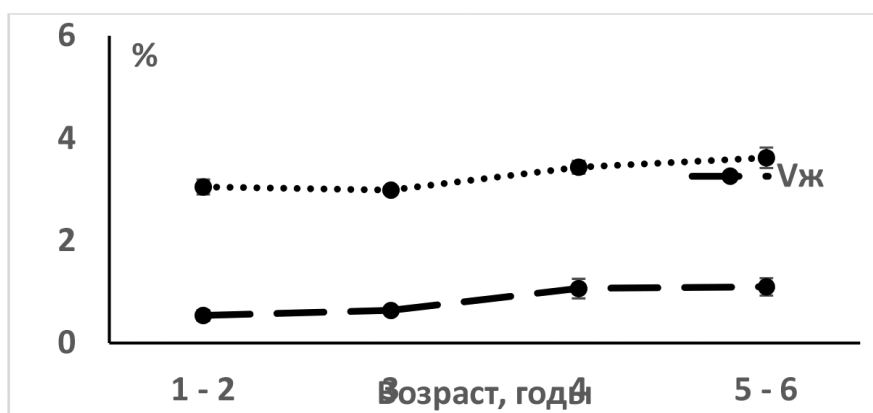


Рис. 7. Зависимость объема и индекса жабр от возраста спикары

Однако роль жабр в качестве биоиндикатора не вызывает сомнений – у карасей и леща из загрязненных водоемов наблюдается увеличение индекса жабр, достоверно отличающихся такового у рыб из экологически чистых водоемов [10, 12, 14].

Также у полосатой крупночешуйной кефали, сома ариус, мохарры и красноухого летрина из загрязненных акваторий Красного моря индекс жабр был больше [2].

В ходе работы было получено, что как индекс, так и объем жабр у самцов и самок ставриды схожи (табл. 2).

Другими исследователями было отмечено, что у судака четких отличий в индексе жабр в зависимости от возраста нет, хотя у двух до трех лет этот параметр увеличивался [13]. Такие же данные справедливы по отношению к ряду рыб из Красного моря, побережья Йемена [1], а на примере леща ИЖ несущественно снижался [14].

В ходе анализа установлено, что как у самок, так и у самцов из Севастопольской бухты индекс жабр скорпены почти в десять раз больше, чем в других исследованных

Таблица 1

Объем и индекс жабр спикары, отловленной в разных бухтах ($M \pm m$)

Показатель Бухта	возраст, годы		возраст, годы	
	1–3		4–6	
	$V_{ж}, \text{см}^3$	$I_{ж}, \%$	$V_{ж}, \text{см}^3$	$I_{ж}, \%$
Балаклавская	0.56 ± 0.04	2.42 ± 0.08	0.7 ± 0.13	2.28 ± 0.16
Матюшенко, Стрелецкая	0.78 ± 0.14	2.31 ± 0.04	1.41 ± 0.18	2.58 ± 0.14

Установлено, что у ставриды нет достоверных отличий в величинах индекса жабр у рыб разного возраста. Однако, объем жабр увеличивается у особей с 1 по 5 год жизни (рис. 7).

бухтах (табл. 3). Такая же закономерность установлена по показателю объема жабр, но только для самцов; у самок этот параметр близок у рыб из трех акваторий.

Таблица 2

Показатели жабр черноморской ставриды разного пола

Параметр	Пол	
	самки	самцы
Индекс жабр, %	$3,95 \pm 0,4$	$3,91 \pm 0,019$
Объем жабр, см^3	$0,77 \pm 0,008$	$0,71 \pm 0,003$

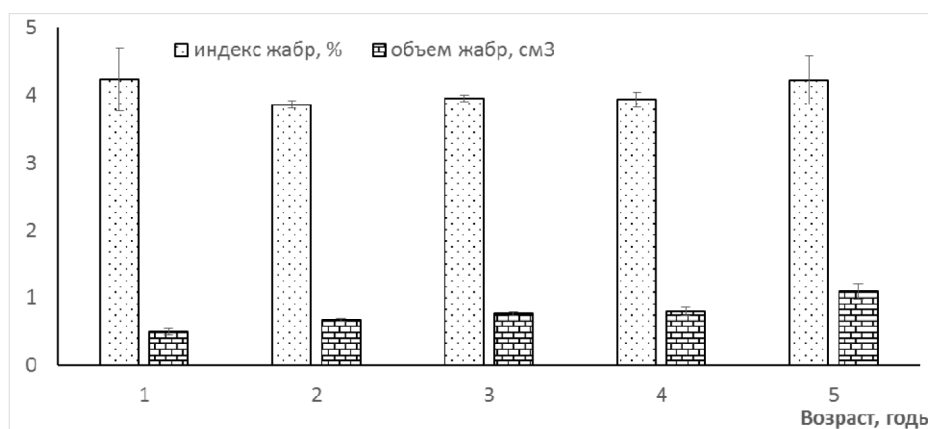
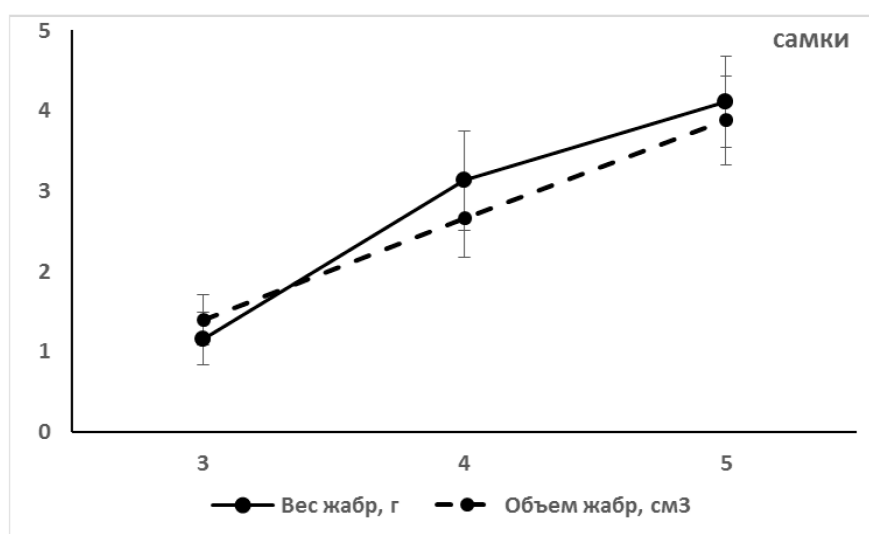


Рис. 8. Показатели жабр черноморской ставриды разного возраста

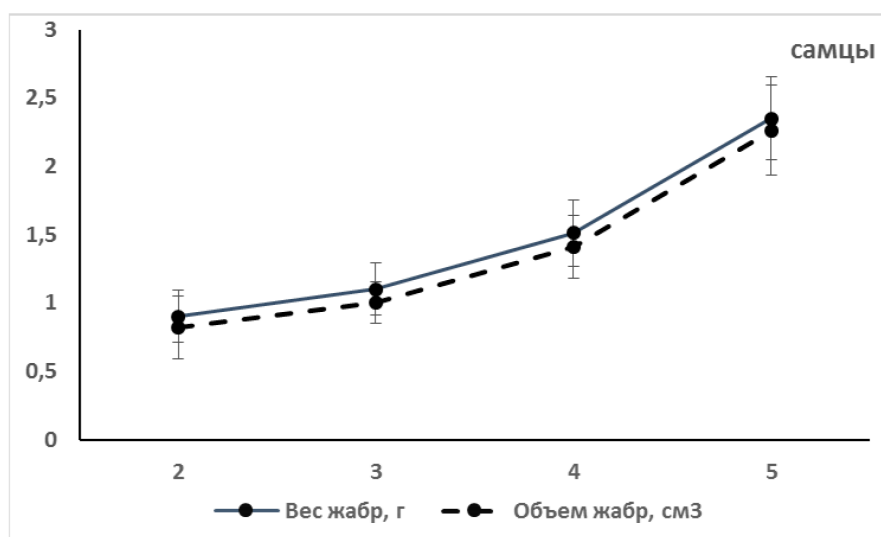
Таблица 3

Объем и индекс жабр морского ерша, отловленного в разных бухтах ($M \pm m$)

Параметр	Пол		Примечание	Бухта
	Самки	Самцы		
Индекс жабр, %	$45,58 \pm 23,09$	$31,83 \pm 20,07$	5–6 лет (♀)	Севастопольская
Объем жабр, см ³	$3,39 \pm 0,26$	$2,42 \pm 0,35$	4–7 лет (♂)	
Индекс жабр, %	$4,19 \pm 0,114$	–	4–6 лет (♀)	Балаклавская
Объем жабр, см ³	$2,63 \pm 0,30$	–		
Индекс жабр, %	$4,75 \pm 0,13$	$4,79 \pm 0,4$	4–6 лет (♀)	Стрелецкая
Объем жабр, см ³	$3,42 \pm 0,4$	$1,88 \pm 0,18$		



бухта Севастопольская



бухта Стрелецкая

Рис. 9. Вес и объем жабр самок скорпены разного возраста из Севастопольской бухты

Показано, что чем старше морской ерш (как у самок, так и у самцов), тем больше величины изученных параметров (рис. 9).

На примере Стрелецкой бухты можно сказать, что показатели веса и объема жабр у самок всех возрастных групп больше, чем у самцов.

Выводы

1. У ставриды индекс и объем жабр у рыб разного пола схожи; у спикары эти показатели выше у самцов, в то время как у ерша – наоборот.

2. У пелагической ставриды показатели объема и индекса жабр не отличаются у особей разного возраста; у придонно-пелагического вида, спикары, данные параметры слабо зависят от возраста; а у ерша показатели с возрастом повышаются.

3. Изученные морфофизиологические индексы были выше у рыб из более загрязненной акватории.

Список литературы

1. Алеев Ю.Г., Мордвинов Ю.Е. Исследование функциональной морфологии нектонных животных // Проблемы морской биологии. – Киев, 1971. – С. 240–246.
2. Аль-Бурай А.М. Морфофизиологические реакции рыб Красного моря как индикаторы экологического состояния среды: автореф. ... к.б.н., 2013. – 24 с.
3. Анисимова И.М., Лавровский В.В. Ихтиология. – Высшая школа. – 1983 г. – 225 с.
4. Болгарев Д.В., Кузьмина Н.С. Индекс сердца некоторых прибрежных видов черноморских рыб // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: Материалы V научно-практической конференции молодых ученых с международным участием / под ред.: М.В. Сытовой, И.И. Гордеева, К.А. Жуковой. – М.: Изд-во ВНИРО, 2017 – С. 41–46.
5. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Морские рыбы Крымского полуострова. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. – 224 с.
6. Васильева Е.Д. Рыбы Чёрного моря: Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским. – М.: Изд-во ВНИРО, 2007. – 238 с.
7. Дзюбук И.М., Клюкина Е.А. Морфофизиологические исследования ерша Лахтинской губы Онежского озера. // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы III Международной конференции с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов 22 июня – 26 июня 2010 года. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. – С. 46–48.
8. Кузьмина Н.С. Видовые, сезонные, половые отличия индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб и его подверженность антропогенному фактору // Вестник зоологии. – 2008 – Т. 42, № 2 – С. 135–142.
9. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: изд. Пищ. пром., 1966. – 376 с.
10. Романова Е.М., Спирина Е.В. Морфофизиологические адаптации *Carassius auratus gibelio* Bloch. в биоиндикации состояния пресноводных экосистем // Вестник УГ-СХА. – 2010. – №2(12). – С. 31–36.
11. Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. – М.: Наука, 1964. – 550 с.
12. Спирина Е.В. Морфофизиологический гомеостаз *Carassius auratus gibelio* Bloch // Проблемы региональной экологии. – 2011. – <http://naukarus.com/morfofiziologicheskiiy-gomeostaz-carassius-auratus-gibelio-bloch>.
13. Хрусталева Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. Возрастные изменения морфофизиологических показателей у судака первой генерации при выращивании в условиях замкнутого водообеспечения // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2016. – № 12(200). – С. 85–91.
14. Шайдуллина Ж.М. Сезонная и возрастная динамика морфофизиологических показателей леща реки Урал: автореф. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2009. – 24 с.
15. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных. – 1968. – Вып. 58. – 386 с.
16. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. – М.: изд. ГЕОС, 2016. – 360 с.
17. <http://www.animals-wild.ru/ryby/1130-dyhatelnaya-sistema-ryb.html>.
18. <http://www.dissercat.com/content/morfologicheskaya-kharakteristika-organov-dykhaniya-ryb-v-zavisimosti-ot-mestabitaniya>.