

*Водные биоресурсы и среда обитания*  
2022, том 5, номер 2, с. 83–98  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
doi: 10.47921/2619-1024\_2022\_5\_2\_83  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



*Aquatic Bioresources & Environment*  
2022, vol. 5, no. 2, pp. 83–98  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
doi: 10.47921/2619-1024\_2022\_5\_2\_83  
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 597.556.31(262.5)

## МОРФОЛОГИЯ И ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ САГИТТАЛЬНЫХ ОТОЛИТОВ МОРСКОГО ЕРША *SCORPAENA PORCUS* LINNAEUS, 1758 (PISCES: SCORPAENIDAE) КАВКАЗСКОГО И КРЫМСКОГО ШЕЛЬФОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

© 2022 А. А. Полин<sup>1,2</sup>, А. Н. Пашков<sup>3</sup>, Т. В. Денисова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону 344006, Россия

<sup>2</sup>Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов  
(ФГБУ «Главрыбвод»), Азово-Черноморский филиал ФГБУ «Главрыбвод», Краснодар 350038, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),  
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

E-mail: polin\_a\_a@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время в качестве инструмента изучения внутривидовой структуры и дифференциации популяций различных видов рыб широкое распространение приобрел метод отолитометрии. При этом как в отечественной, так и в зарубежной научной литературе имеются лишь фрагментарные данные о морфологии отолитов морского ерша *Scorpaena porcus* — фонового вида рыб прибрежных черноморских ихтиоценозов. Целью данной работы было изучение морфологии сагиттальных отолитов морского ерша, обитающего в границах Кавказского и Крымского шельфов Черного моря, как способа исследования его внутривидовой структуры. В работе описана морфология сагиттальных отолитов морского ерша из шести акваторий: «Большой Утриш», «Геленджик», «Магри», «Адлер», «Севастополь» и «Феодосия». Во всех акваториях выявлена положительная корреляция длины тела морских ершей и длины их отолитов. Проведен анализ уровня различий (сходства) в морфологии отолитов. На основе различий между значениями морфологических признаков правых и левых отолитов проведена оценка степени флуктуирующей асимметрии.

**Ключевые слова:** морской ерш, сагиттальные отолиты, Черное море, Кавказский шельф, Крымский шельф, отолитометрия, флуктуирующая асимметрия

**MORPHOLOGY AND FLUCTUATING ASYMMETRY OF SAGITTAL  
OTOLITHS OF THE BLACK SCORPIONFISH *SCORPAENA PORCUS*  
LINNAEUS, 1758 (PISCES: SCORPAENIDAE) FROM THE CAUCASIAN  
AND CRIMEAN SHELVES OF THE BLACK SEA**

**A. A. Polin<sup>1,2</sup>, A. N. Pashkov<sup>3</sup>, T. V. Denisova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*FSAEI HE “Southern Federal University”, Rostov-on-Don 344006, Russia*

<sup>2</sup>*Main Basin Department for Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources (FSBI “Glavrybvod”),  
Azov-Black Sea Branch of FSBI “Glavrybvod”,  
Krasnodar 350038, Russia*

<sup>3</sup>*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),  
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”),  
Rostov-on-Don 344002, Russia  
E-mail: polin\_a\_a@mail.ru*

**Abstract.** Currently, the method of otolithometry is widely used as a tool for studying the population structure and differentiation of populations of various fish species. At the same time, scientific literature contains only fragmentary data on the otolith morphology of the black scorpionfish *Scorpaena porcus*, a species common to the Black Sea coastal fish communities. This work was aimed at the investigation of the morphology of sagittal otoliths of the black scorpionfish inhabiting the Caucasian and Crimean shelves of the Black Sea, as a means for studying its population structure. The morphology of sagittal otoliths of the black scorpionfish from six areas—“Bolshoy Utrish”, “Gelendzhik”, “Magri”, “Adler”, “Sevastopol”, and “Feodosia”—is described in this paper. A positive correlation between the body length of black scorpionfish and the length of its otoliths was found in all investigated areas. The level of difference (similarity) in the morphology of otoliths has been analysed. The degree of fluctuating asymmetry has been estimated based on differences between the values of the morphological features of the right and left otoliths.

**Keywords:** black scorpionfish, sagittal otoliths, Black Sea, Caucasian shelf, Crimean shelf, otolith morphology, fluctuating asymmetry

## ВВЕДЕНИЕ

Отолиты — кальцинированные структуры внутреннего уха, находящиеся в слуховых капсулах костистых рыб и выполняющие функции органов равновесия и слуха [1, 2]. Отолиты обладают характерными общими свойствами регистрирующих структур: «слоистым» строением, т. е. морфологической неоднородностью частей, сформированных в разные периоды жизни, и приуроченностью тех или иных элементов структуры к определенным событиям жизненной истории особи, а именно влиянию ряда экологических факторов [3].

Отолиты являются фенотипическими маркерами, с помощью которых можно количественно оценить различия между видами и популяциями [4]. Сравнение формы отолитов активно используется при изучении популяционной структуры и дифференциации популяций различных видов рыб [5–17].

При этом ряд современных данных свидетельствует о сопоставимости результатов ото-

литометрии и генетических исследований [14, 18–21], что говорит в пользу надежности данного метода.

Морской ерш *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 — представитель семейства скорпеновые (Scorpaenidae), обычный, а местами доминирующий вид прибрежных скально-зарослевых черноморских ихтиоценозов [22–25]. Является второстепенным объектом промышленного и прибрежного рыболовства, важным объектом любительского рыболовства. При этом внутривидовая структура морского ерша, в отличие от других массовых черноморских видов рыб (хамсы, шпрота, черноморской барабули, черноморской ставриды), практически не изучена.

Целью данной работы было изучение морфологии сагиттальных отолитов морского ерша, обитающего в границах Кавказского и Крымского шельфов Черного моря, как способа исследования его внутривидовой структуры.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили случайные выборки морских ершей из шести прибрежных районов Черного моря (рис. 1). В пределах Кавказского шельфа были изучены выборки из четырех акваторий в районах Большого Утриша, Геленджика (б. Голубая), Магри и Адлера. В пределах Крымского шельфа изучали морских ершей районов Севастополя (б. Казачья) и Феодосии (Феодосийский залив).

Отбор материала проводился в разные сезоны года в период с декабря 2017 г. по ноябрь 2020 г.

Морских ершей анализировали с применением стандартных ихтиологических методов [26].

Помимо проведения биологического анализа, у рыб также извлекали сагиттальные отолиты. Для достоверного анализа их морфологии использовали только целые отолиты без видимых аномалий развития и механических повреждений (разломы, сколы).

Анализ морфологии был проведен на правых сагиттальных отолитах 507 морских ершей, в т. ч.: Севастополь — 96, Феодосия — 95, Большой Утриш — 101, Геленджик — 81, Магри — 71, Адлер — 63 особи.

Отолиты выдерживали в течение суток в глицерине, а затем просматривали в отраженном свете под необходимым увеличением с помощью бинокулярного микроскопа МБС-9.

Морфологические признаки сагиттальных отолитов изучали по модифицированной схеме, применяемой в подобных исследованиях [27–29] (рис. 2). Измерения проводили с помощью окуляр-микрометра.

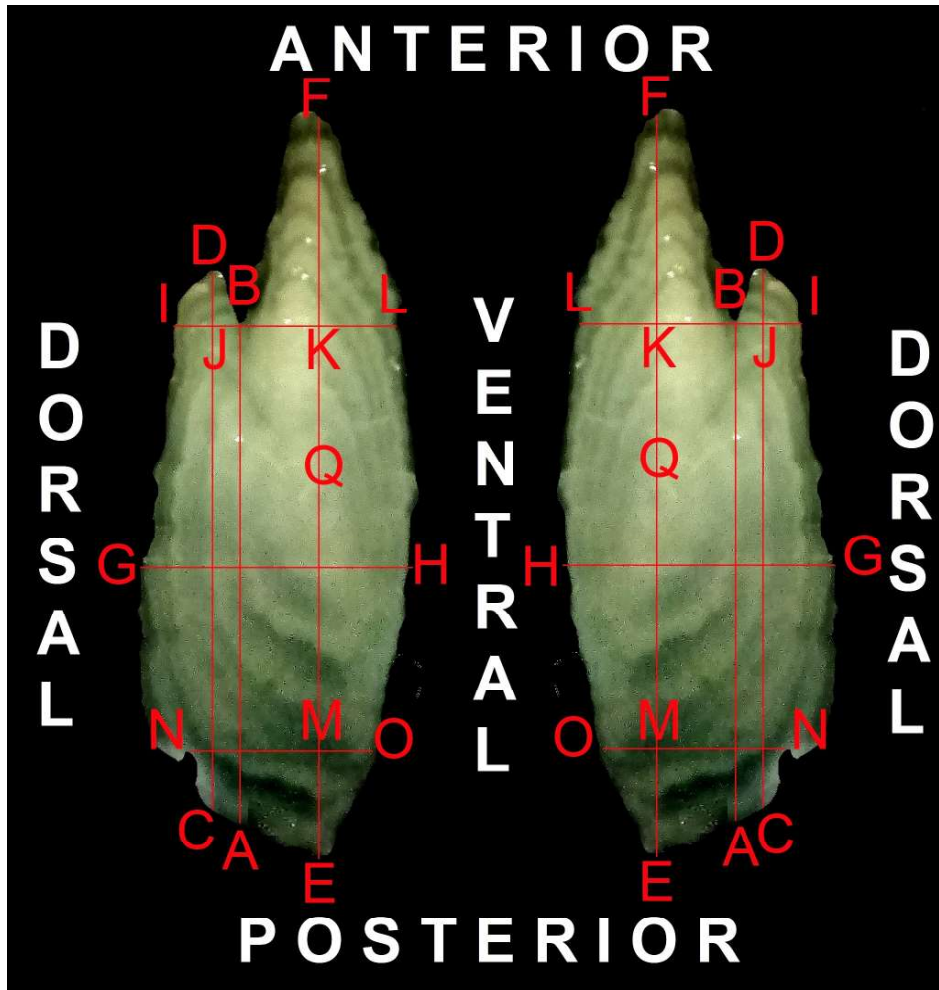
При последующем изучении морфологии для нивелирования влияния фактора разноразмерности отолитов показатели длины (медиальная длина ( $AB$ ), дорсальная длина ( $CD$ ), длина антирострума ( $JD$ ), длина рострума ( $KF$ ), длина построструма ( $ME$ )), ростральный радиус ( $QF$ ), постростральный радиус ( $QE$ ) и значения наибольшей ширины отолита ( $GH$ ) нормировали на наибольшую длину отолита ( $EF$ ), а показатели ширины (ширина антирострума ( $IB$ ), ширина рострума ( $BL$ ), ширина построструма ( $NO$ )) — на наибольшую ширину отолита ( $GH$ ), и выражали в процентах.

Для анализа степени флуктуирующей асимметрии дополнительно исследовали левые сагиттальные отолиты 318 особей, в т. ч.: Севастополь — 66,



**Рис. 1.** Карта-схема точек отбора фактического материала: 1 — Севастополь; 2 — Феодосия; 3 — Большой Утриш; 4 — Геленджик; 5 — Магри; 6 — Адлер

**Fig. 1.** Outline map of the sampling sites: 1 — Sevastopol; 2 — Feodosia; 3 — Bolshoy Utrish; 4 — Gelendzhik; 5 — Magri; 6 — Adler



**Рис. 2.** Используемая в работе схема измерения сагиттальных отолигов морских ершей: *AB* — медиальная длина; *CD* — дорсальная длина; *EF* — наибольшая длина; *GH* — наибольшая ширина; *IB* — ширина антирострума; *JD* — длина антирострума; *KF* — длина рострума; *BL* — ширина рострума; *NO* — ширина построструма; *ME* — длина построструма; *QF* — ростральный радиус; *QE* — постростральный радиус

**Fig. 2.** Measurement scheme used for the investigated sagittal otoliths of black scorpionfish: *AB* — medial length; *CD* — dorsal length; *EF* — maximum length; *GH* — maximum height; *IB* — antirostrum height; *JD* — antirostrum length; *KF* — rostrum length; *BL* — rostrum height; *NO* — postrostrum height; *ME* — postrostrum length; *QF* — rostral radius; *QE* — postrostral radius

Феодосия — 61, Большой Утриш — 59, Геленджик — 44, Магри — 43, Адлер — 45 экз.

Изучение степени флуктуирующей асимметрии сагиттальных отолигов морских ершей было выполнено в соответствии с «Методическими рекомендациями...» [30]. Величина асимметрии была рассчитана как разница в промерах слева и справа, отнесенная к сумме промеров на двух сторонах. Интегральный показатель стабильности развития для комплекса мерных признаков — средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывали как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у

каждой особи, отнесенное к числу проанализированных признаков.

Математическая обработка данных осуществлялась с использованием программного пакета Statistica ver. 10. В ходе исследования применяли непараметрические статистические методы и методы многомерной статистики (дискриминантный анализ) [31].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованной выборке морских ершей из шести прибрежных акваторий Кавказского и Крымского шельфов Черного моря встречались особи с длиной тела (до конца чешуйного покрова — *SL*)

от 49 до 233 мм и с массой тела от 4,3 до 396,6 г. Сагиттальные отолиты изученных морских ершей имели наибольшую длину (*EF*) в диапазоне от 3,25 до 11,15 мм при среднем значении  $6,79 \pm 0,069$  мм и наибольшую ширину (*GH*) в диапазоне от 0,50 до 4,40 мм при среднем значении  $2,68 \pm 0,023$  мм.

Информация о размерах отолитов морских ершей разных районов представлена в табл. 1.

Длина отолитов (*EF*) имела прямую зависимость от длины тела рыб (*SL*): коэффициент корреляции по Пирсону  $r=0,926$ ,  $p<0,001$  (рис. 3).

Указанная закономерность была характерна для рыб из всех акваторий: Севастополь:  $r=0,911$ ,  $p<0,001$ ; Феодосия:  $r=0,958$ ,  $p<0,001$ ; Большой Утриш:  $r=0,968$ ,  $p<0,001$ ; Геленджик:  $r=0,902$ ,  $p<0,001$ ; Магри:  $r=0,870$ ,  $p<0,001$ ; Адлер:  $r=0,879$ ,  $p<0,001$ .

Полученные данные согласуются с результатами исследований турецких ученых, которые указывают на высокую взаимосвязь полной длины тела и размеров отолитов морских ершей прибрежной акватории Черного моря у Самсуна [32].

Кроме линейных размеров, у морских ершей разных акваторий различалась форма отолитов. Значения нормированных морфологических признаков сагиттальных отолитов морских ершей рассматриваемых акваторий представлены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, между средними значениями рассматриваемых признаков у особей из разных акваторий имелись определенные отличия. Анализ распределения значений морфологических признаков сагиттальных отолитов с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка показал, что оно не относится к нормальному типу. Поэтому для дальнейшего статистического анализа был использован метод непараметрической статистики — критерий Манна–Уитни, с помощью которого оценивали статистическую достоверность имеющихся отличий в средних значениях признаков между отдельными парами акваторий (Магри – Адлер, Магри – Геленджик, Феодосия – Адлер и т. д.). В разных сравниваемых парах (акваториях) доля статистически достоверно различных признаков варьировала от 0 % (Феодосия – Большой Утриш, Большой Утриш – Адлер) до 54,6 % (Большой Утриш – Магри, Феодосия – Магри).

В табл. 3 представлены морфологические признаки сагиттальных отолитов морских ершей разных акваторий, по средним значениям которых выявлены достоверные различия.

Более точное представление о степени сходства и различия сравниваемых выборок могут давать методы многомерной статистики. Одним из них является дискриминантный анализ, который был

**Таблица 1.** Линейные показатели сагиттальных отолитов морских ершей рассматриваемых акваторий  
**Table 1.** Linear parameters of the sagittal otoliths of the black scorpionfish from the investigated areas

Акватория Area	N, экз. N, ind.	Показатель / Parameter			
		EF, мм / EF, mm		GH, мм / GH, mm	
		$\bar{x} \pm m_x$	min–max	$\bar{x} \pm m_x$	min–max
Севастополь Sevastopol	96	$7,36 \pm 0,116$	4,75–9,30	$2,86 \pm 0,048$	0,50–3,95
Феодосия Feodosia	95	$6,61 \pm 0,186$	3,25–10,00	$2,64 \pm 0,056$	1,50–3,50
Большой Утриш Bolshoy Utrish	101	$6,49 \pm 0,217$	3,35–11,15	$2,50 \pm 0,082$	0,50–4,40
Геленджик Gelendzhik	81	$7,14 \pm 0,132$	5,50–10,45	$2,84 \pm 0,040$	2,15–4,00
Магри Magri	71	$6,80 \pm 0,123$	4,95–8,65	$2,77 \pm 0,038$	2,10–3,50
Адлер Adler	63	$6,20 \pm 0,107$	4,20–8,00	$2,42 \pm 0,040$	1,85–3,25



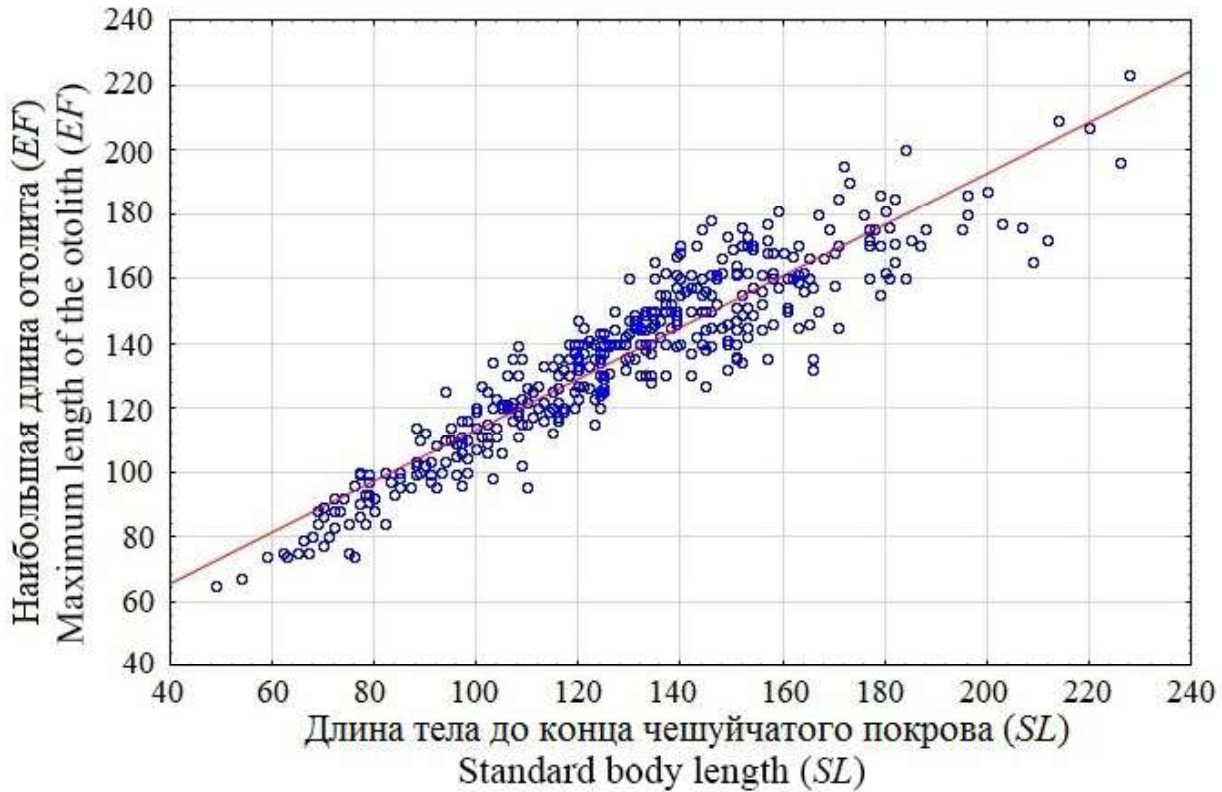


Рис. 3. Корреляция длины отолидов и длины тела особей

Fig. 3. Correlation of the otolith length and body length in the investigated individuals

Таблица 2. Значения нормированных морфологических признаков сагиттальных отолидов морских ершей рассматриваемых акваторий

Table 2. Values of the standardized morphological parameters of the sagittal otoliths of the black scorpionfish from the investigated areas

Признак Parameter	Севастополь (96 экз.) Sevastopol (96 ind.)	Феодосия (95 экз.) Feodosia (95 ind.)	Большой Утриш (101 экз.) Bolshoy Utrish (101 ind.)	Геленджик (81 экз.) Gelendzhik (81 ind.)	Магри (71 экз.) Magri (71 ind.)	Адлер (63 экз.) Adler (63 ind.)
	$\bar{x} \pm m_x$ min-max					
1	2	3	4	5	6	7
% от наибольшей длины отолида (EF) % of the maximum otolith length (EF)						
AB	68,6±0,56 53,3–81,3	70,2±0,52 58,4–98,1	69,7±0,61 54,7–81,0	69,9±0,53 54,3–80,5	70,4±0,67 58,3–82,0	70,9±0,62 57,5–82,0
CD	68,8±0,55 54,0–83,3	67,6±0,57 53,4–81,1	66,4±0,73 53,5–82,9	69,9±0,55 57,8–84,0	71,5±0,58 53,0–82,4	68,2±0,68 51,7–77,5
KF	24,3±0,50 13,3–36,7	21,8±0,45 11,4–32,3	22,4±0,48 12,0–33,3	23,6±0,45 15,3–35,7	22,8±0,55 14,0–31,3	21,3±0,50 14,3–34,6

Таблица 2 (окончание)

Table 2 (finished)

1	2	3	4	5	6	7
JD	5,4±0,44 0,0–25,5	2,4±0,20 0,0–8,3	3,5±0,43 0,0–32,6	4,7±0,39 0,0–15,0	5,5±0,44 0,0–14,3	2,6±0,38 0,0–16,4
ME	10,1±0,36 4,1–23,0	10,6±0,34 4,6–26,2	11,3±0,39 4,4–25,3	9,8±0,30 4,2–16,7	10,9±0,37 3,6–17,6	11,6±0,40 5,3–19,2
GH	39,5±0,32 33,2–49,3	40,0±0,40 30,8–49,3	39,6±0,43 30,0–56,5	40,3±0,36 34,3–49,2	40,7±0,37 33,1–48,6	39,1±0,39 32,2–47,4
QF	50,4±0,23 44,8–57,4	50,4±0,23 44,8–57,8	50,3±0,25 44,8–57,6	49,7±0,23 43,3–54,3	49,3±0,31 43,4–54,9	49,9±0,29 44,5–55,4
QE	49,7±0,24 41,8–55,9	49,6±0,24 41,2–54,5	49,8±0,25 43,5–56,8	50,2±0,23 45,3–55,6	50,7±0,33 42,9–55,6	50,3±0,29 43,3–55,5
% от наибольшей ширины отолита (GH) % of the maximum otolith height (GH)						
BL	55,8±0,74 35,6–70,9	57,3±0,85 38,5–73,7	57,3±0,83 41,4–73,5	58,1±0,78 38,0–71,7	55,4±0,83 39,7–69,0	56,8±0,95 42,6–74,6
IB	20,2±0,65 9,2–41,4	17,7±0,52 9,6–30,0	19,2±0,58 10,5–30,9	21,5±0,69 10,4–38,9	20,5±0,68 10,9–36,4	19,8±0,71 10,2–40,3
NO	52,8±0,90 32,8–78,0	52,9±1,05 32,4–78,0	54,2±1,05 30,6–82,5	55,8±1,07 30,0–75,0	60,3±1,29 37,3–85,2	51,3±1,07 33,3–75,0

Таблица 3. Статистически достоверно различные морфологические признаки сагиттальных отолиотов морских ершей рассматриваемых акваторий

Table 3. Statistically significantly different morphological parameters of the sagittal otoliths of the black scorpionfish from the investigated areas

Сравниваемая пара Compared pair	Признак Parameter	Результат сравнения Comparison result	
		U*	p**
1	2	3	4
Большой Утриш – Магри Bolshoy Utrish – Magri	дорсальная длина (CD) dorsal length (CD)	2033,0	0,000
	длина антирострума (JD) antirostrum length (JD)	2161,0	0,000
	наибольшая ширина (GH) maximum height (GH)	2744,0	0,009
	ширина построструма (NO) postrostrum height (NO)	2413,0	0,000
	ростральный радиус (QF) rostral radius (QF)	2815,5	0,017
	постростральный радиус (QE) postrostral radius (QE)	2815,5	0,017
Феодосия – Магри Feodosia – Magri	дорсальная длина (CD) dorsal length (CD)	1897,5	0,000

Таблица 3 (продолжение)

Table 3 (continued)

1	2	3	4
Феодосия – Магри Feodosia – Magri	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	1524,0	0,000
	ширина антирострума ( <i>IB</i> ) antirostrum height ( <i>IB</i> )	2436,0	0,001
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	2323,5	0,000
	ростральный радиус ( <i>QF</i> ) rostral radius ( <i>QF</i> )	2530,0	0,006
	постростральный радиус ( <i>QE</i> ) postrostral radius ( <i>QE</i> )	2495,0	0,004
Магри – Адлер Magri – Adler	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	1428,5	0,001
	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	1743,0	0,038
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	1052,0	0,000
	наибольшая ширина ( <i>GH</i> ) maximum height ( <i>GH</i> )	1557,0	0,003
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	1303,5	0,000
Большой Утриш – Геленджик Bolshoy Utrish – Gelendzhik	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	2848,5	0,000
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	2903,5	0,002
	длина построструма ( <i>ME</i> ) postrostrum length ( <i>ME</i> )	3140,5	0,010
	ширина антирострума ( <i>IB</i> ) antirostrum height ( <i>IB</i> )	2994,5	0,020
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	3393,0	0,049
Севастополь – Адлер Sevastopol – Adler	медиальная длина ( <i>AB</i> ) medial length ( <i>AB</i> )	2355,5	0,019
	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	1881,5	0,000
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	1558,0	0,000
	длина построструма ( <i>ME</i> ) postrostrum length ( <i>ME</i> )	2264,5	0,011
Геленджик – Адлер Gelendzhik – Adler	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	1684,5	0,001
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	1469,0	0,000
	длина построструма ( <i>ME</i> ) postrostrum length ( <i>ME</i> )	1697,5	0,001



Таблица 3 (продолжение)

Table 3 (continued)

1	2	3	4
Геленджик – Адлер Gelendzhik – Adler	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	1857,0	0,008
Феодосия – Геленджик Feodosia – Gelendzhik	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	2916,0	0,006
	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	2944,0	0,007
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	2200,5	0,000
	ширина антирострума ( <i>IB</i> ) antirostrum height ( <i>IB</i> )	2430,5	0,000
Севастополь – Магри Sevastopol – Magri	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	2273,5	0,000
	наибольшая ширина ( <i>GH</i> ) maximum height ( <i>GH</i> )	2464,0	0,002
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	2089,0	0,000
	постростральный радиус ( <i>QE</i> ) postrostral radius ( <i>QE</i> )	2627,0	0,012
Севастополь – Большой Утриш Sevastopol – Bolshoy Utrish	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	3775,0	0,007
	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	3849,5	0,013
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	3141,5	0,000
	длина построструма ( <i>ME</i> ) postrostrum length ( <i>ME</i> )	4045,0	0,045
Геленджик – Магри Gelendzhik – Magri	дорсальная длина ( <i>CD</i> ) dorsal length ( <i>CD</i> )	2240,5	0,027
	длина построструма ( <i>ME</i> ) postrostrum length ( <i>ME</i> )	2292,0	0,041
	ширина рострума ( <i>BL</i> ) rostrum height ( <i>BL</i> )	2408,0	0,035
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	2268,5	0,018
Севастополь – Феодосия Sevastopol – Feodosia	длина рострума ( <i>KF</i> ) rostrum length ( <i>KF</i> )	3269,0	0,000
	длина антирострума ( <i>JD</i> ) antirostrum length ( <i>JD</i> )	2262,0	0,000
	ширина антирострума ( <i>IB</i> ) antirostrum height ( <i>IB</i> )	3435,0	0,006
Севастополь – Геленджик Sevastopol – Gelendzhik	ширина рострума ( <i>BL</i> ) rostrum height ( <i>BL</i> )	3184,5	0,039
	ширина построструма ( <i>NO</i> ) postrostrum height ( <i>NO</i> )	3078,5	0,017

Таблица 3 (окончание)

Table 3 (finished)

1	2	3	4
Феодосия – Адлер Feodosia – Adler	длина построструма (ME) postrostrum length (ME)	2340,5	0,030
	ширина антирострума (IB) antirostrum height (IB)	2239,0	0,015

Примечание: \* U-критерий Манна–Уитни; \*\* уровень значимости

Note: \* Mann–Whitney U test; \*\* significance level

использован для оценки степени сходства по комплексу морфологических признаков правых сагиттальных отолитов морских ершей шести априори выделенных по географическому принципу групп: «Севастополь», «Феодосия», «Большой Утриш», «Геленджик», «Магри» и «Адлер».

Степень сходства между априори выделенными группами была оценена по величине расстояния

Махаланобиса между ними, а достоверность отличий в этих расстояниях — по критерию Фишера. Указанные показатели приведены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, значения расстояний Махаланобиса между выделенными группами были относительно низкими и не превышали 1,863 (Магри – Адлер). При этом для большинства сравниваемых пар различия были достоверными

Таблица 4. Квадратичные расстояния Махаланобиса между априори выделенными группами и величины критерия Фишера между ними

Table 4. Squared Mahalanobis distances between a priori selected groups, and the values of the Fisher criterion between them

Группа Group	Севастополь Sevastopol	Феодосия Feodosia	Большой Утриш Bolshoy Utrish	Геленджик Gelendzhik	Магри Magri	Адлер Adler
Севастополь Sevastopol	–	1,177	0,848	1,088	0,934	1,428
Феодосия Feodosia	4,921 / 0,000*	–	0,215	1,005	1,492	0,474
Большой Утриш Bolshoy Utrish	3,507 / 0,000*	0,882 / 0,559	–	1,028	1,572	0,294
Геленджик Gelendzhik	4,207 / 0,000*	3,848 / 0,000*	3,896 / 0,000*	–	0,600	1,122
Магри Magri	3,236 / 0,000*	5,127 / 0,000*	5,353 / 0,000*	1,932 / 0,034*	–	1,863
Адлер Adler	4,721 / 0,000*	1,553 / 0,120	0,957 / 0,485	3,456 / 0,000*	5,256 / 0,000*	–

Примечание: 1) Выше центральной диагонали — квадратичные расстояния Махаланобиса; 2) Ниже центральной диагонали указаны величины критерия Фишера / уровни значимости; 3) \* Величины, имеющие статистически достоверные различия по критерию Фишера

Note: 1) Mahalanobis distances are given above the central diagonal line; 2) Values of the Fisher criterion / significance levels are given below the central diagonal line; 3) \* Values with statistically significant differences according to the Fisher criterion

(по критерию Фишера). Исключение составили: Феодосия – Большой Утриш, Феодосия – Адлер и Большой Утриш – Адлер. Расстояния Махалано-биса между указанными группами были минимальными (0,215, 0,474 и 0,294, соответственно).

Результаты дискриминантного анализа в целом соответствуют результатам проведенных ранее парных тестов с использованием критерия Манна–Уитни, где наиболее различными по морфологии сагиттальных отолитов были пары Большой Утриш – Магри (6 признаков — 54,6 %), Феодосия – Магри (6 признаков — 54,6 %) и Магри – Адлер (5 признаков — 45,5 %), а

наиболее схожими — Большой Утриш – Адлер (0 признаков — 0,0 %) и Феодосия – Большой Утриш (0 признаков — 0,0 %).

В графическом виде результаты дискриминантного анализа представлены на рис. 4.

С помощью дискриминантного анализа была рассчитана точность отнесения к априори выделенным по совокупности морфологических признаков сагиттальных отолитов группам, которая в среднем составила 35 %.

Наиболее высокая точность отнесения была характерна для морских ершей Крымского шельфа: в районе Севастополя — 48,4 %, в районе

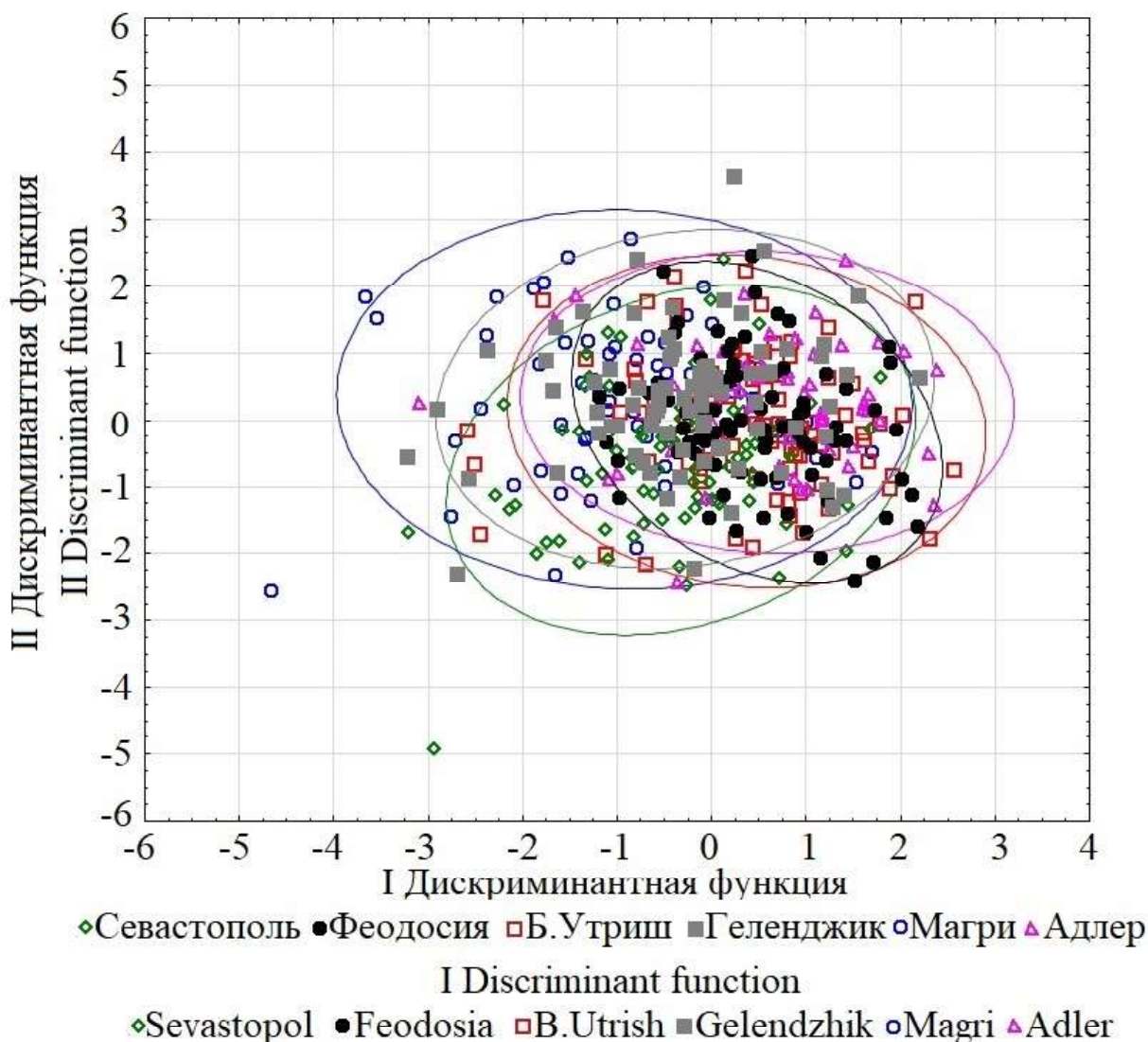


Рис. 4. Распределение центроидов априори выделенных групп морского ерша в пространстве дискриминантных функций

Fig. 4. Distribution of the centroids of a priori selected groups of black scorpionfish in the space of discriminant functions

Феодосии — 40,9 %. В пределах Кавказского шельфа точность отнесения варьировала от 16,4 % в районе Адлера до 37,9 % в районе Магри. Для морских ершей района Большого Утриша точность отнесения составила 28,6 %, для особей прибрежной зоны Геленджика — 31,2 %.

Во всех акваториях в значительном количестве (более половины выборки) присутствовали особи, которые по комплексу морфологических признаков сагиттальных отолитов были отнесены к другим группам.

Одной из базовых характеристик организма является его способность к поддержанию гомеостаза развития. Высокая стабильность развития обеспечивается генетической коадаптацией генома при оптимальных условиях развития [33–35].

При оценке стабильности развития одним из эффективных методов является изучение уровня «онтогенетического шума», оцениваемого по степени флуктуирующей асимметрии, которая представляет собой мелкие ненаправленные

отклонения между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Указанные отклонения не имеют самостоятельного адаптивного значения и возникают как результат случайных ошибок в ходе онтогенеза [33, 36].

Уровень такого рода мелких ошибок развития при нормальных условиях невысок, но возрастает при любом стрессирующем воздействии, что и приводит к повышению асимметрии [33, 37, 38].

В табл. 5 представлены результаты расчета показателей стабильности развития морфологических признаков сагиттальных отолитов морских ершей из шести акваторий.

Серия статистических анализов с использованием критерия Манна–Уитни показала, что имеющиеся различия интегральных показателей стабильности развития морских ершей разных акваторий носят случайный характер. Таким образом, величина асимметрии во всех рассматриваемых акваториях была на схожем уровне.

**Таблица 5.** Значения показателей стабильности развития морфологических признаков сагиттальных отолитов морских ершей рассматриваемых акваторий

**Table 5.** Stability values in the development of morphological parameters of the sagittal otoliths of the black scorpionfish from the investigated areas

Признак Parameter	Севастополь (66 экз.) Sevastopol (66 ind.)	Феодосия (61 экз.) Feodosia (61 ind.)	Большой Утриш (59 экз.) Bolshoy Utrish (59 ind.)	Геленджик (44 экз.) Gelendzhik (44 ind.)	Магри (43 экз.) Magri (43 ind.)	Адлер (45 экз.) Adler (45 ind.)
AB	0,03±0,003	0,03±0,003	0,03±0,004	0,03±0,004	0,02±0,003	0,03±0,003
CD	0,03±0,004	0,03±0,003	0,03±0,004	0,02±0,002	0,03±0,003	0,03±0,004
EF	0,01±0,002	0,02±0,002	0,01±0,002	0,01±0,001	0,01±0,002	0,01±0,002
KF	0,05±0,006	0,06±0,008	0,07±0,009	0,06±0,008	0,06±0,007	0,07±0,009
JD	0,30±0,039	0,36±0,042	0,34±0,050	0,27±0,039	0,22±0,039	0,42±0,059
ME	13,00±0,459	13,48±0,666	12,86±0,637	12,16±0,436	12,80±0,530	12,98±0,584
GH	0,03±0,011	0,02±0,003	0,02±0,010	0,02±0,002	0,02±0,003	0,02±0,001
BL	0,05±0,005	0,06±0,007	0,06±0,008	0,04±0,005	0,04±0,005	0,04±0,006
IB	0,15±0,024	0,15±0,013	0,13±0,017	0,11±0,015	0,08±0,012	0,11±0,011
NO	0,10±0,011	0,09±0,010	0,12±0,015	0,07±0,010	0,08±0,015	0,12±0,030
QF	0,03±0,006	0,02±0,003	0,03±0,009	0,03±0,011	0,02±0,004	0,02±0,003
QE	0,02±0,006	0,02±0,003	0,03±0,003	0,02±0,003	0,05±0,019	0,02±0,002
As*	1,15±1,078	1,20±1,117	1,14±1,065	1,07±1,008	1,12±1,062	1,16±1,075

Примечание: \* Показатель общего уровня флуктуирующей асимметрии

Note: \* Value of the total fluctuating asymmetry

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования было установлено, что морские ерши разных акваторий Кавказского и Крымского шельфов Черного моря имеют статистически достоверные различия в средних значениях отдельных морфологических признаков сагиттальных отолитов. Доля статистически достоверно различных признаков между отдельными акваториями изменяется от 0,0 до 54,6 %.

Клиальная изменчивость (т. е. плавное и постепенное изменение значений признака на протяжении видового ареала) морфологических характеристик отолитов в нашем исследовании не выявлена. В ряде случаев более различной формой сагиттальных отолитов обладали морские ерши географически близких акваторий и схожей — географически удаленных.

Также важно отметить, что во всех рассмотренных акваториях величина флукутирующей асимметрии сагиттальных отолитов морских ершей находилась на схожем уровне. Данный факт свидетельствует о том, что возможные различия экологических параметров рассматриваемых акваторий не оказывают существенного влияния на стабильность развития морских ершей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. 164 с.
2. Popper A.N., Ramcharitar J., Campana S.E. Why otolith? Insights from inner ear physiology and fisheries biology // *Marine and Freshwater Research*. 2005. Vol. 56. Pp. 497–504.
3. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 292 с.
4. Павлов Д.А., Широкова Е.А. Изменчивость структуры отолитов в популяциях ротана *Perccottus glenii* (Odontobutidae) Центральной России // *Вопросы ихтиологии*. 2020. Т. 60, № 1. С. 52–62. doi: 10.31857/S0042875219060146.
5. Stransky C., Murta A.G., Schlickeisen J., Zimmerman C. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean // *Fisheries Research*. 2008. Vol. 89, no. 2. Pp. 159–166. doi: 10.1016/j.fishres.2007.09.017.
6. Treinen-Crespo C., Villegas-Hernández H., Guillén-Hernández S., Ruiz-Zárate M.A., Gonzáles-Salas C. Otolith shape analysis as a tool for population discrimination of the white grunt (*Haemulon plumieri*) stock in the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico // *Revista de Investigaciones Marinas y Costeras*. 2012. Vol. 4. Pp. 157–168.
7. Leguá J., Plaza G., Pérez D., Arkhipkin A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis* // *Latin American Journal of Aquatic Research*. 2013. Vol. 41, no. 3. Pp. 479–489. doi: 10.3856/vol41-issue3-full-text-11.
8. Paul K., Oeberst R., Hammer C. Evaluation of otolith shape analysis as a tool for discriminating adults of Baltic cod stocks // *Journal of Applied Ichthyology*. 2013. Vol. 29, issue 4. Pp. 743–750. doi: 10.1111/jai.12145.
9. Trojette M., Fatnassi M., Ben Alaya H., Mahouachi N.H., Chalh A., Quignard J.-P., Trabelsi M. Applying Sagitta otolith shape in the discrimination of fish populations *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) (Scorpaenidae) in the Tunisian coasts // *Cahiers de Biologie Marine*. 2014. Vol. 55, no. 4. Pp. 499–506.
10. Valentin A.E., Penin X., Chanut J.-P., Power D., Sévigny J.-M. Combining microsatellites and geometric morphometrics for the study of redbfish (*Sebastes* spp.) population structure in the Northwest Atlantic // *Fisheries Research*. 2014. Vol. 154. Pp. 102–119. doi: 10.1016/j.fishres.2014.02.008.
11. Harbitz A., Albert O.T. Pitfalls in stock discrimination by shape analysis of otolith contours // *ICES Journal of Marine Science*. 2015. Vol. 72, issue 7. Pp. 2090–2097. doi: 10.1093/icesjms/fsv048.
12. Cresson P., Bouchoucha M., Morat F., Miralles F., Chavanon F., Loizeau V., Cossa D. A multitracer approach to assess the spatial contamination pattern of hake (*Merluccius merluccius*) in the French Mediterranean // *Science of the Total Environment*. 2015. Vol. 532. Pp. 184–194. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.020.
13. Павлов Д.А. Дифференциация трех видов рода *Upeneus* (Mullidae) по форме отолитов // *Вопросы ихтиологии*. 2016. Т. 56, № 1. С. 41–55. doi: 10.7868/S0042875216010112.
14. Афанасьев П.К., Орлов А.М., Рольский А.Ю. Сравнительный анализ формы отолитов как инструмент видовой идентификации и изучения популяционной организации различных видов рыб // *Зоологический журнал*. 2017. Т. 96, № 2. С. 192–200. doi: 10.7868/S0044513416120035.
15. Мазникова О.А., Афанасьев П.К., Орлов А.М., Новиков Р.Н., Емелин П.О. Сравнительный анализ формы отолитов, пространственное распределение и размерный состав черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* в западной части Берингова моря // *Известия ТИНРО*. 2017. Т. 191. С. 97–113. doi: 10.26428/1606-9919-2017-191-97-113.
16. Pavlov D.A. Otolith morphology and relationships of several fish species of the suborder Scorpaenoidei // *Journal of Ichthyology*. 2021. Vol. 61, no. 1. Pp. 33–47. doi: 10.1134/S0032945221010100.

17. Yedier S., Bostanci D. Molecular and otolith shape analyses of *Scorpaena* spp. in the Turkish seas // Turkish Journal of Zoology. 2022. Vol. 46, no. 1. Pp. 78–92. doi: 10.3906/zoo-2105-26.
18. Jónsdóttir I.G., Campana S.E., Marteinsdóttir G. Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) // ICES Journal of Marine Science. 2006. Vol. 63. Pp. 1501–1512. doi: 10.1016/j.icesjms.2006.05.006.
19. Abaunza P., Murta A.G., Campbell N., Cimmaruta R., Comesaña A.S., Dahle G., García Santamaría M.T., Gordo L.S., Iversen S.A., MacKenzie K., Magoulas A., Matiucci S., Molloy J., Nascetti G., Pinto A.L., Quinta R., Ramos P., Sanjuan A., Santos A.T., Stransky C., Zimmerman C. Stock identity of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea: Integrating the results from different stock identification approaches // Fisheries Research. 2008. Vol. 89, issue 2. Pp. 196–209. doi: 10.1016/j.fishres.2007.09.022.
20. Орлов А.М., Афанасьев П.К. Отолитометрия как инструмент анализа популяционной структуры тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) // Амурский зоологический журнал. 2013. Т. 5, № 3. С. 327–331.
21. Libungan L.A., Óskarsson G.J., Slotte A., Jacobsen J.A., Pálsson S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus* // Journal of Fish Biology. 2015. Vol. 86, no. 4. Pp. 1377–1395. doi: 10.1111/jfb.12647.
22. Пашков А.Н., Шевченко Н.Ф., Овен Л.С., Гилагозов В.Е., Круглов М.В. Распределение, численность и основные популяционные характеристики морского ерша *Scorpaena porcus* в условиях антропогенного загрязнения Черного моря // Вопросы ихтиологии. 1999. Т. 39, № 5. С. 661–668.
23. Boissin E., Micu D., Janczyszyn-Le Goff M., Neglia V., Bat L., Todorova V., Panayotova M., Kruschel C., Macic V., Milchakova N., Keskin Ç., Anastasopoulou A., Nasto I., Zane L., Planes S. Contemporary genetic structure and postglacial demographic history of the black scorpionfish *Scorpaena porcus*, in the Mediterranean and the Black Sea // Molecular Ecology. 2016. Vol. 25, no. 10. Pp. 2195–2209. doi: 10.1111/mec.13616.
24. Малахова Л.В., Скуратовская Е.Н., Малахова Т.В., Болтачев А.Р., Лобко В.В. Хлороорганические соединения в ерше *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 в акватории Севастополя (Черное море): пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, № 4. С. 51–63. doi: 10.21072/mbj.2018.03.4.06.
25. Пашков А.Н. Ихтиофауна прибрежного шельфа Черного моря в полигалинных акваториях : автореф. дис. канд. биол. наук. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 25 с.
26. Пряхин Ю.В., Шкицкий В.А. Методы рыбохозяйственных исследований : учеб. пособие. Краснодар: Изд-во Кубанского государственного университета, 2006. 214 с.
27. Reichenbacher B., Sienknecht U., Küchenhoff H., Fenske N. Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (*Aphanius*, *Prolebias*) // Journal of Morphology. 2007. Vol. 268, no. 10. Pp. 898–915. doi: 10.1002/jmor.10561.
28. Teimori A., Khajooei A., Motamedi M., Askari Hesni M. Characteristics of sagittae morphology in sixteen marine fish species collected from the Persian Gulf: Demonstration of the phylogenetic influence on otolith shape // Regional Studies in Marine Science. 2019. Vol. 29. e100661. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100661.
29. Purrafee Dizaj L., Esmaeili H.R., Teimori A. Comparative otolith morphology of clupeids from the Iranian brackish and marine resources (Teleostei: Clupeiformes) // Acta Zoologica. 2022. Vol. 103, issue 1. Pp. 29–47. doi: 10.1111/azo.12353.
30. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М.: Изд-во Центра экологической политики России, 2003. 21 с.
31. Кендалл М.Д., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 565 с.
32. Bostanci D., Yilmaz S., Polat N., Konaş S. İskorpit *Scorpaena porcus* L. 1758'un otolit biyometri özellikleri // Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi. 2012. Vol. 2, no. 6. Pp. 59–68.
33. Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.
34. Developmental homeostasis in natural populations of mammals: phenetic approach / V.M. Zakharov, A.V. Yablokov (Eds.) // Acta Theriologica. 1997. Suppl. 4. 92 p.
35. Developmental stability in natural populations / V.M. Zakharov, J.H. Graham (Eds.) // Acta Zoologica Fennica. 1992. No. 191. 200 p.
36. Leary R.F., Allendorf F.M. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology // Trends in Ecology & Evolution. 1989. Vol. 4, issue 7. Pp. 214–217. doi: 10.1016/0169-5347(89)90077-3.
37. Parsons P.A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress // Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. 1990. Vol. 65, no. 2. Pp. 131–145. doi: 10.1111/j.1469-185x.1990.tb01186.x.
38. Palmer R.A., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // Annual Review of Ecology and Systematic. 1986. Vol. 17. Pp. 391–421. doi: 10.1146/annurev.es.17.110186.002135.



## REFERENCES

1. Chugunova N.I. Age and growth studies in fish: a systematic guide for ichthyologists. Jerusalem: National Science Foundation Publ., Israel Program for Scientific Translations Publ., 1963, 132 p.
2. Popper A.N., Ramcharitar J., Campana S.E. Why otolith? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 2005, vol. 56, pp. 497–504.
3. Mina M.V., Klevezal G.A. Rost zhivotnykh [Animal growth]. Moscow: Nauka [Science], 1976, 292 p. (In Russian).
4. Pavlov D.A., Shirikova E.A. Variation of otolith structure in Amur sleeper *Perccottus glenii* (Odontobutidae) populations from Central Russia. *Journal of Ichthyology*, 2020, vol. 60, no. 1, pp. 48–59. doi: 10.1134/S0032945219060122.
5. Stransky C., Murta A.G., Schlickeisen J., Zimmerman C. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fisheries Research*, 2008, vol. 89, no. 2, pp. 159–166. doi: 10.1016/j.fishres.2007.09.017.
6. Treinen-Crespo C., Villegas-Hernández H., Guillén-Hernández S., Ruiz-Zárate M.A., Gonzáles-Salas C. Otolith shape analysis as a tool for population discrimination of the white grunt (*Haemulon plumieri*) stock in the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista de Investigaciones Marinas y Costeras*, 2012, vol. 4, pp. 157–168.
7. Leguá J., Plaza G., Pérez D., Arkhipkin A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 2013, vol. 41, no. 3, pp. 479–489. doi: 10.3856/vol41-issue3-fulltext-11.
8. Paul K., Oeberst R., Hammer C. Evaluation of otolith shape analysis as a tool for discriminating adults of Baltic cod stocks. *Journal of Applied Ichthyology*, 2013, vol. 29, issue 4, pp. 743–750. doi: 10.1111/jai.12145.
9. Trojette M., Fatnassi M., Ben Alaya H., Mahouachi N.H., Chalh A., Quignard J.-P., Trabelsi M. Applying Sagitta otolith shape in the discrimination of fish populations *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) (Scorpaenidae) in the Tunisian coasts. *Cahiers de Biologie Marine*, 2014, vol. 55, no. 4, pp. 499–506.
10. Valentin A.E., Penin X., Chanut J.-P., Power D., Sévigny J.-M. Combining microsatellites and geometric morphometrics for the study of redfish (*Sebastes* spp.) population structure in the Northwest Atlantic. *Fisheries Research*, 2014, vol. 154, pp. 102–119. doi: 10.1016/j.fishres.2014.02.008.
11. Harbitz A., Albert O.T. Pitfalls in stock discrimination by shape analysis of otolith contours. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, vol. 72, issue 7, pp. 2090–2097. doi: 10.1093/icesjms/fsv048.
12. Cresson P., Bouchoucha M., Morat F., Miralles F., Chavanon F., Loizeau V., Cossa D. A multitracer approach to assess the spatial contamination pattern of hake (*Merluccius merluccius*) in the French Mediterranean. *Science of the Total Environment*, 2015, vol. 532, pp. 184–194. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.020.
13. Pavlov D.A. Differentiation of three species of the genus *Upeneus* (Mullidae) based on otolith shape analysis. *Journal of Ichthyology*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 37–51. doi: 10.1134/S0032945216010094.
14. Afanasyev P.K., Orlov A.M., Rolskiy A.Yu. Sravnitel'nyy analiz formy otolitov kak instrument vidovoy identifikatsii i izucheniya populyatsionnoy organizatsii razlichnykh vidov ryb [Otolith shape analysis as a tool for species identification and studying the population structure of different fish species]. *Zoologicheskii zhurnal [Zoological Journal]*, 2017, vol. 96, no. 2, pp. 192–200. doi: 10.7868/S0044513416120035.
15. Maznikova O.A., Afanasyev P.K., Orlov A.M., Novikov R.N., Emelin P.O. Sravnitel'nyy analiz formy otolitov, prostranstvennoe raspredelenie i razmernyy sostav chernogo paltusa *Reinhardtius hippoglossoides matsurae* v zapadnoy chasti Beringova morya [Comparative analysis of otolith shape and spatial distribution and size composition of greenland turbot *Reinhardtius hippoglossoides matsurae* in the western Bering Sea]. *Izvestiya TINRO [Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography]*, 2017, vol. 191, pp. 97–113. doi: 10.26428/1606-9919-2017-191-97-113. (In Russian).
16. Pavlov D.A. Otolith morphology and relationships of several fish species of the suborder Scorpaenoidei. *Journal of Ichthyology*, 2021, vol. 61, no. 1, pp. 33–47. doi: 10.1134/S0032945221010100.
17. Yedier S., Bostanci D. Molecular and otolith shape analyses of *Scorpaena* spp. in the Turkish seas. *Turkish Journal of Zoology*, 2022, vol. 46, no. 1, pp. 78–92. doi: 10.3906/zoo-2105-26.
18. Jónsdóttir I.G., Campana S.E., Marteinsdóttir G. Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science*, 2006, vol. 63, pp. 1501–1512. doi: 10.1016/j.icesjms.2006.05.006.
19. Abaunza P., Murta A.G., Campbell N., Cimmaruta R., Comesaña A.S., Dahle G., García Santamaría M.T., Gordo L.S., Iversen S.A., MacKenzie K., Magoulas A., Matiucci S., Molloy J., Nascetti G., Pinto A.L., Quinta R., Ramos P., Sanjuan A., Santos A.T., Stransky C., Zimmerman C. Stock identity of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea: Integrating the results from different stock identification approaches. *Fisheries Research*, 2008, vol. 89, issue 2, pp. 196–209. doi: 10.1016/j.fishres.2007.09.022.
20. Orlov A.M., Afanasyev P.K. Otolitometriya kak instrument analiza populyatsionnoy struktury tikhookeanskoy treski *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) [Otolithometry as possible tool

- of the analysis of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) population structure]. *Amurskiy zoologicheskii zhurnal [Amurian Zoological Journal]*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 327–331. (In Russian).
21. Libungan L.A., Óskarsson G.J., Slotte A., Jacobsen J.A., Pálsson S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. *Journal of Fish Biology*, 2015, vol. 86, no. 4, pp. 1377–1395. doi: 10.1111/jfb.12647.
  22. Pashkov A.N., Shevchenko N.F., Oven L.S., Giragosov V.E., Kruglov M.V. Raspredelenie, chislennost' i osnovnye populyatsionnye kharakteristiki morskogo ersha *Scorpaena porcus* v usloviyakh antropogennogo zagryazneniya Chernogo morya [Distribution, assessment and prevalence of population characteristics of black scorpionfish *Scorpaena porcus* in the conditions of anthropogenic damage to the Black Sea]. *Voprosy ikhtiologii [Problems of Ichthyology]*, 1999, vol. 39, no. 5, pp. 661–668. (In Russian).
  23. Boissin E., Micu D., Janczyszyn-Le Goff M., Neglia V., Bat L., Todorova V., Panayotova M., Kruschel C., Macic V., Milchakova N., Keskin Ç., Anastasopoulou A., Nasto I., Zane L., Planes S. Contemporary genetic structure and postglacial demographic history of the black scorpionfish *Scorpaena porcus*, in the Mediterranean and the Black Seas. *Molecular Ecology*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 2195–2209. doi: 10.1111/mec.13616.
  24. Malakhova L.V., Skuratovskaya E.N., Malakhova T.V., Boltachev A.R., Lobko V.V. Khlorganicheskie soedineniya v ershe *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 v akvatorii Sevastopolya (Chernoe more): prostranstvennoe raspredelenie i biologicheskii otklik na uroven' nakopleniya zagryazniteley [Organochlorine compounds in scorpion fish *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 in the Sevastopol marine area (Black Sea): spatial distribution and biological response]. *Morskoy biologicheskii zhurnal [Marine Biological Journal]*, 2018, vol. 3, no. 4, pp. 51–63. doi: 10.21072/mbj.2018.03.4.06. (In Russian).
  25. Pashkov A.N. Ikhtiofauna pribrezhnogo shel'fa Chernogo morya v poligalinnnykh akvatoriyyakh : avtoref. dis. kand. biol. nauk [Ichthyofauna of the coastal shelf of the Black Sea in polyhaline water areas. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Moscow: VNIRO Publ., 2001, 25 p. (In Russian).
  26. Pryakhin Yu.V., Shkitskiy V.A. Metody rybokhozyaystvennykh issledovaniy : uchebnoe posobie [Methods of fishery research. Study guide]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy universitet [Kuban State University] Publ., 2006, 214 p. (In Russian).
  27. Reichenbacher B., Sienknecht U., Küchenhoff H., Fenske N. Combined otolith morphology and morphometry for assessing taxonomy and diversity in fossil and extant killifish (*Aphanius*, *Prolebias*). *Journal of Morphology*, 2007, vol. 268, no. 10, pp. 898–915. doi: 10.1002/jmor.10561.
  28. Teimori A., Khajooei A., Motamedi M., Askari Hesni M. Characteristics of sagittae morphology in sixteen marine fish species collected from the Persian Gulf: Demonstration of the phylogenetic influence on otolith shape. *Regional Studies in Marine Science*, 2019, vol. 29, e100661. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100661.
  29. Purrafee Dizaj L., Esmaeili H.R., Teimori A. Comparative otolith morphology of clupeids from the Iranian brackish and marine resources (Teleostei: Clupeiformes). *Acta Zoologica*, 2022, vol. 103, issue 1, pp. 29–47. doi: 10.1111/azo.12353.
  30. Metodicheskie rekomendatsii po vypolneniyu otsenki kachestva sredy po sostoyaniyu zhivykh sushchestv (otsenka stabil'nosti razvitiya zhivykh organizmov po urovnyu asimmetrii morfologicheskikh struktur) [Guidelines for assessing the quality of the environment according to the state of living organisms (assessment of the stability of the development of living organisms by the level of asymmetry of morphological structures)]. Moscow: Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii [Russian Center for Environmental Policy] Publ., 2003, 21 p. (In Russian).
  31. Kendall M.G., Stuart A. The advanced theory of statistics. Vol. 3. Design and analysis, and time-series. London: Griffin, 1969, 557 p.
  32. Bostanci D., Yilmaz S., Polat N., Kontas S. Iskorpit *Scorpaena porcus* L. 1758'un otolit biyometri ozellikleri [The Otolith biometry characteristics of black scorpionfish, *Scorpaena porcus* L. 1758]. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi [The Black Sea Journal of Science]*, 2012, vol. 2, no. 6, pp. 59–68. (In Turkish).
  33. Zakharov V.M. Asimmetriya zhivotnykh (populyatsionno-fenogeneticheskiiy podkhod) [Animal asymmetry: population-phenogenetic approach]. Moscow: Nauka [Science], 1987, 216 p. (In Russian).
  34. Developmental homeostasis in natural populations of mammals: phenetic approach. V.M. Zakharov, A.V. Yablokov (Eds.). *Acta Theriologica*, 1997, suppl. 4, 92 p.
  35. Developmental stability in natural populations. V.M. Zakharov, J.H. Graham (Eds.). *Acta Zoologica Fennica*, 1992, no. 191, 200 p.
  36. Leary R.F., Allendorf F.M. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 1989, vol. 4, issue 7, pp. 214–217. doi: 10.1016/0169-5347(89)90077-3.
  37. Parsons P.A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 1990, vol. 65, no. 2, pp. 131–145. doi: 10.1111/j.1469-185x.1990.tb01186.x.
  38. Palmer R.A., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 1986, vol. 17, pp. 391–421. doi: 10.1146/annurev.es.17.110186.002135.

Поступила 15.03.2022

Принята к печати 10.05.2022