



## Ихтиофауна морских и континентальных водоемов

УДК 597.58+591.3

[https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2025\\_8\\_2\\_72](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_72)

EDN: OXNTNB



**Для цитирования:** Корзун Ю.В., Мисарь Н.А. Об использовании упрощенной методики определения возраста антарктического клыкача *Dissostichus mawsoni* по отолитам и о результатах ее применения на материалах, собранных в промысловый сезон 2018/2019 гг. в подрайоне 88.1 (море Росса). *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2025. Т. 8, № 2: 72–82. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2025\\_8\\_2\\_72](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_72).

**For citation:** Korzun Yu.V., Misar N.A. On the use of a simplified method for determining the age of Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* based on otoliths and the results of its application on the materials collected during the fishing season 2018/2019 in Subarea 88.1 (Ross Sea). *Aquatic Bioresources & Environment*. 2025. Vol. 8, no. 2: 72–82. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2025\\_8\\_2\\_72](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_2_72). (In Russian).

# ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УПРОЩЕННОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА АНТАРКТИЧЕСКОГО КЛЫКАЧА *DISSOSTICHUS MAWSONI* ПО ОТОЛИТАМ И О РЕЗУЛЬТАТАХ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ НА МАТЕРИАЛАХ, СОБРАННЫХ В ПРОМЫСЛОВЫЙ СЕЗОН 2018/2019 ГГ. В ПОДРАЙОНЕ 88.1 (МОРЕ РОССА)

Ю. В. Корзун, Н. А. Мисарь\*

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

\*E-mail: [misarna@azniir.kh.vniro.ru](mailto:misarna@azniir.kh.vniro.ru)

### Аннотация

**Введение.** Представлена методика подготовки отолитов антарктического клыкача упрощенным способом при помощи специализированных электроинструментов, в которой общепринятые подходы сочетаются с усовершенствованными этапами подготовки возрастных проб. **Актуальность.** Подготовленные по данной методике возрастные пробы позволяют качественно считывать кольца старших возрастных групп с обозначением закладки ядра с кольцом следующего года, что важно для корректности данных. **Цель** данной работы — адаптация генеральной методики определения возраста по отолитам к возрастным пробам по антарктическому клыкачу *Dissostichus mawsoni*, а также анализ данных по размерно-возрастному составу уловов российского ярусолова СРТН «Спарта», полученных в море Росса в промысловый сезон 2018/2019 гг. **Методы.** За основу данной упрощенной методики определения возраста по отолитам был взят широко применяемый метод “the break and burn” («слом и обжиг»), в

который внесли ряд новшеств, в т. ч. стачивание отолита до центра на шлифовальном круге и индивидуальное прокалывание отолита техническим феном. **Результаты.** Протестирована упрощенная методика определения возраста антарктического клыкача по отолитам, включающая модифицированные этапы подготовки возрастных проб с использованием современных специализированных электроинструментов и позволяющая получать качественные возрастные препараты. Были получены данные по размерно-возрастному составу клыкача из уловов в море Росса в сезон 2018/2019 гг. Размерно-возрастной состав антарктического клыкача представлен особями длиной от 70 до 178 см при модальной величине 135 см, возрастом от 5 до 26 лет с модами возрастных когорт 10, 13 и 15 лет. **Выводы.** Применение разработанной упрощенной методики подготовки возрастных препаратов позволяет достаточно точно считывать возрастные кольца, в т. ч. с обозначением закладки ядра, что важно для корректности данных, необходимых для математического моделирования роста особей и оценки запасов.

**Ключевые слова:** клыкач, возраст, ядро, гиалиновая и опаковая зоны, годовое кольцо

ON THE USE OF A SIMPLIFIED METHOD FOR DETERMINING  
THE AGE OF ANTARCTIC TOOTHFISH *DISSOSTICHUS MAWSONI*  
BASED ON OTOLITHS AND THE RESULTS OF ITS APPLICATION  
ON THE MATERIALS COLLECTED DURING THE FISHING  
SEASON 2018/2019 IN SUBAREA 88.1 (ROSS SEA)

Yu. V. Korzun, N. A. Misar\*

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: misarna@azniirkh.vniro.ru

**Abstract**

**Background.** This article presents a simplified method for preparing otoliths of Antarctic toothfish using specialized power tools, combining generally accepted approaches with modified stages of age sample preparation. **Relevance.** The age determination samples prepared using this method allow for consistent ring identification in the older age groups with the possibility to determine the formation of a nucleus with the next annual ring, which improves the accuracy of the obtained data. The **aim** of this work is to adapt the general method for age determination using otoliths to the otolith samples of Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni*, as well as to analyze the data on the length and age composition of the catches obtained by the Russian longline medium fishing trawler "Sparta" in the Ross Sea during the fishing season 2018/2019. **Methods.** This simplified otolith age determination technique was based on the widely used "break and burn" method, which had been modified in several ways, including grinding the otolith to the center on a grinding wheel and individual calcination of the otolith with a heat gun. **Results.** A simplified otolith age determination technique for Antarctic toothfish has been tested; it involved modified stages of the sample preparation and the use of modern specialized power tools, which should result in high-quality age preparations. The data on the length and age composition of the toothfish from the catches in the Ross Sea have been analyzed for the fishing season 2018/2019. The Antarctic toothfish length and age composition has been represented by individuals from 70 to 178 cm in length with a modal value of 135 cm, aged from 5 to 26 years with the age cohort modes of 10, 13 and 15 years. **Conclusion.** The use of the developed simplified method for preparing age determination samples allows for fairly accurate identification of age rings, including the formation of a nucleus, which improves the accuracy of the data required for mathematical modeling of fish growth and for stock assessment.

**Keywords:** Antarctic toothfish, age, otolith nucleus, hyaline and opaque zones, annual ring

ВВЕДЕНИЕ

Наличие точных данных о возрасте рыб, в т. ч. полученных по отолитам, является фактором, критически важным для математического моделирования роста популяции, оценки запасов

и возможного вылова; также оно способствует решению других проблем, требующих знаний о возрасте особей, а сами отолиты могут быть использованы в иных целях [1, 2]. Некорректные данные о возрасте могут приводить к ошибкам

при оценке пополнения, численности и урожайности поколений, промыслового размера и, как следствие, к недостоверному определению величины запаса и возможного вылова, что повышает риск перелова. Выявление регистрирующих структур (колец) на отолидах долгоживущих рыб, в т. ч. антарктического клыкача *Dissostichus mawsoni* и других представителей сем. *Nototeniidae*, является трудоемкой процедурой, однако позволяет наиболее точно оценить возраст клыкачей.

Регистрирующие структуры (кольца) интерпретируются как зоны ежегодного роста [3–6]. Сравнения результатов оценки возраста клыкача по разным регистрирующим структурам (отолидам и чешуе) показали, что при использовании чешуи происходит занижение возраста особей старших возрастных групп [7, 8]. Это связано с тем, что рост чешуи напрямую связан с ростом тела, поэтому в периоды остановки роста или снижения его темпов чешуя практически не растет. Отолиты же растут на протяжении всей жизни рыб вне зависимости от их физиологического состояния, они метаболически инертны, не подвержены резорбции или существенной трансформации в ходе онтогенеза [9]. Использование отолида для определения возраста также обусловлено его защитой от механических воздействий и хорошей сохранностью материала при его сборе.

Отолиты (*sagitta*) представляют собой плотные кальцинированные структуры, располагающиеся в трех камерах, ассоциированных с ухом у костистых рыб [10]. Они закладываются в эмбриональный период путем слияния примордиев (зачатков) в единый комплекс и состоят из комплекса белка и карбоната кальция, который откладывается на протяжении всей жизни с разной скоростью, оставляя в отолиде чередующиеся непрозрачные и полупрозрачные кольца (гиалиновые и опаковые зоны) [11].

Наиболее распространенный метод определения возраста рыб основан на интерпретации непрозрачных и полупрозрачных зон в шлифах отолидов в качестве структуры, демонстрирующей прирост. В соответствии с общепризнанным подходом непрозрачное и полупрозрачное кольца принимаются за 1 год [12, 13].

Широкая опаковая зона представляет собой зону быстрого роста отолида в сезонном цикле, гиалиновая — медленного роста. Годовые кольца

представляют собой границу между гиалиновой зоной конца сезона роста и опаковой зоной нового периода относительно быстрого роста. Гиалиновые и опаковые зоны имеют различную оптическую плотность, что и позволяет их идентифицировать с помощью бинокуляра.

В предыдущей нашей статье [14] была описана техническая часть упрощенной методики приготовления отолидов для подсчета годовых колец, подразумевающая использование современных специализированных электроинструментов и облегчающая считывание на отолиде структур прироста. В этой работе в основном представлены результаты определения возраста антарктического клыкача.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для определения возраста послужили отолиты антарктического клыкача, собранные у 849 рыб на борту промыслового судна СРТН «Спарта» в промысловый сезон 2018/2019 гг. в статистическом подрайоне FAO 88.1 (море Росса). Сбор и хранение проб на возраст выполнялись в соответствии с установленными методиками и стандартами АНТКОМ и методическими рекомендациями для российских научных наблюдателей [15, 16].

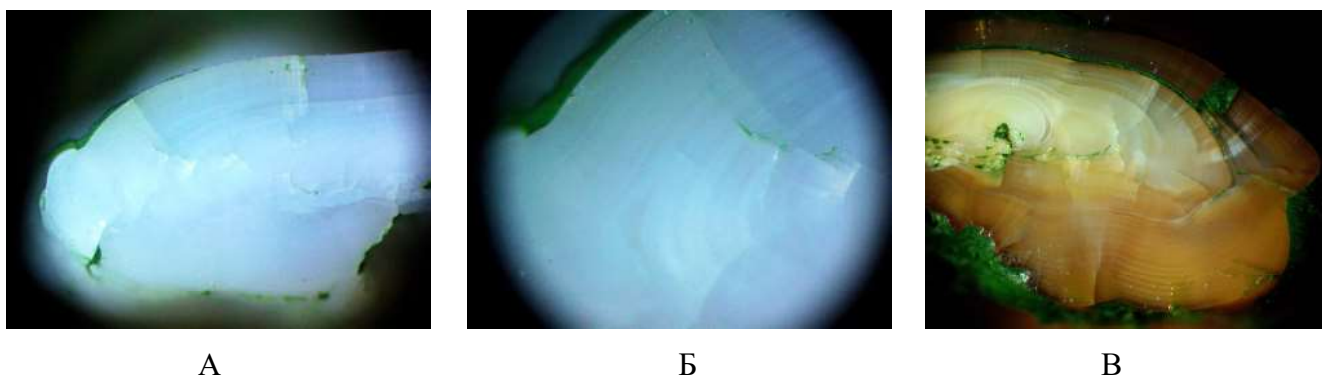
За основу исследования возраста антарктического клыкача был взят широко применяемый метод “the break and burn” [14, 17, 18], согласно которому отолит разрезается на две части в поперечном направлении. Срез обязательно должен проходить через ядро отолида. Применялось следующее оборудование: полировальная шлифовальная машина с плавным пуском и регулировкой скорости оборотов (400–2200 об./мин.), войлочный диск для полировки Ø125 мм, диск с абразивной бумагой P150–180, технический фен (350–500 °C), паста ГОИ, пинцеты, отолитница, электронный бинокуляр Atlami с цифровой окуляр-камерой AMW050 (кроп-матрица 8 мрх) с двумя дополнительными светодиодными лампами (рис. 1).

Для повышения контрастности между гиалиновыми и опаковыми зонами отолит прокаливается техническим феном (рис. 2). Подсчет годовых приростов проводился на всех секторах дорсальной и вентральной частей шлифа, где лучше видны опаковые и гиалиновые зоны, с сопоставлением результатов. При определении возраста старшевозрастных особей учитывался факт образования



**Рис. 1.** Оборудование для приготовления и считывания возрастных препаратов

**Fig. 1.** Equipment for preparation and age reading of the otolith samples



**Рис. 2.** Этапы обработки отолида: А — черновой шлиф отолида клыкача без полировки; Б — полированный шлиф отолида клыкача; В — полированный шлиф отолида клыкача после термической обработки

**Fig. 2.** Stages of otolith preparation: А — section of Antarctic toothfish otolith after preliminary grinding without polishing; Б — section of Antarctic toothfish otolith after grinding and polishing; В — section of Antarctic toothfish otolith after grinding, polishing, and heat treatment

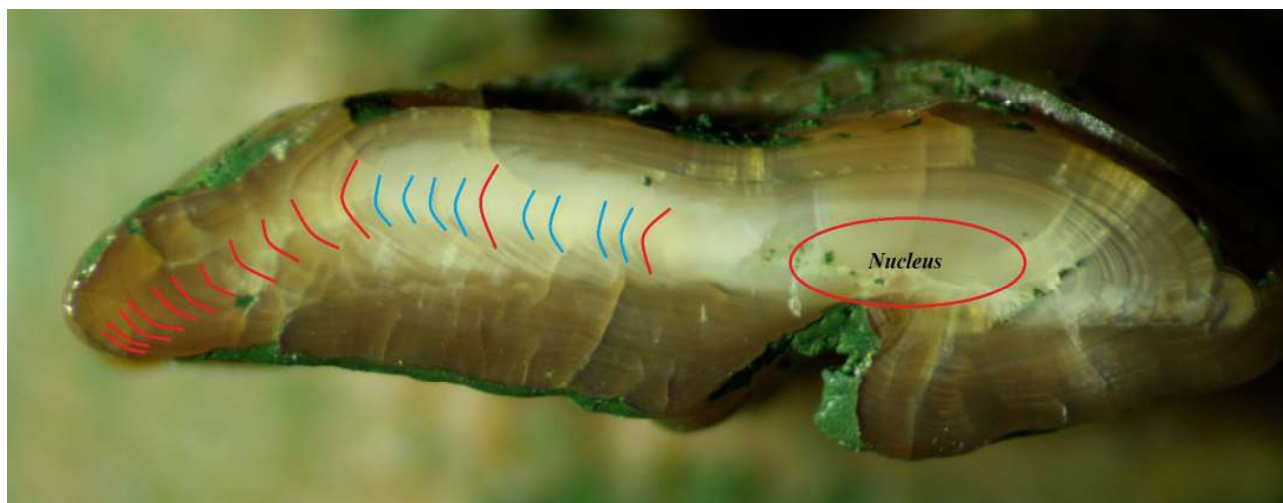
дополнительных колец, связанных с быстрым темпом роста отолида в первые годы жизни. В этих случаях такие кольца объединялись в одни возрастные зоны. Так, на рис. 3 представлен срез отолида самца клыкача длиной 112 см в возрасте 13+, где при подсчете возраста можно увидеть дополнительные кольца (обозначены синим цветом) на дорсальном секторе шлифа.

В некоторых случаях на шлифах годовые кольца могут быть расплывчаты, но, принимая во внимание общий характер роста отолида, зона учитывалась как годовое кольцо. Также распознавался слабо выраженный зачаток годового кольца (ядро) с последующим определением первого

сформировавшегося возрастного кольца, что является обязательным условием получения корректных данных о возрасте рыбы.

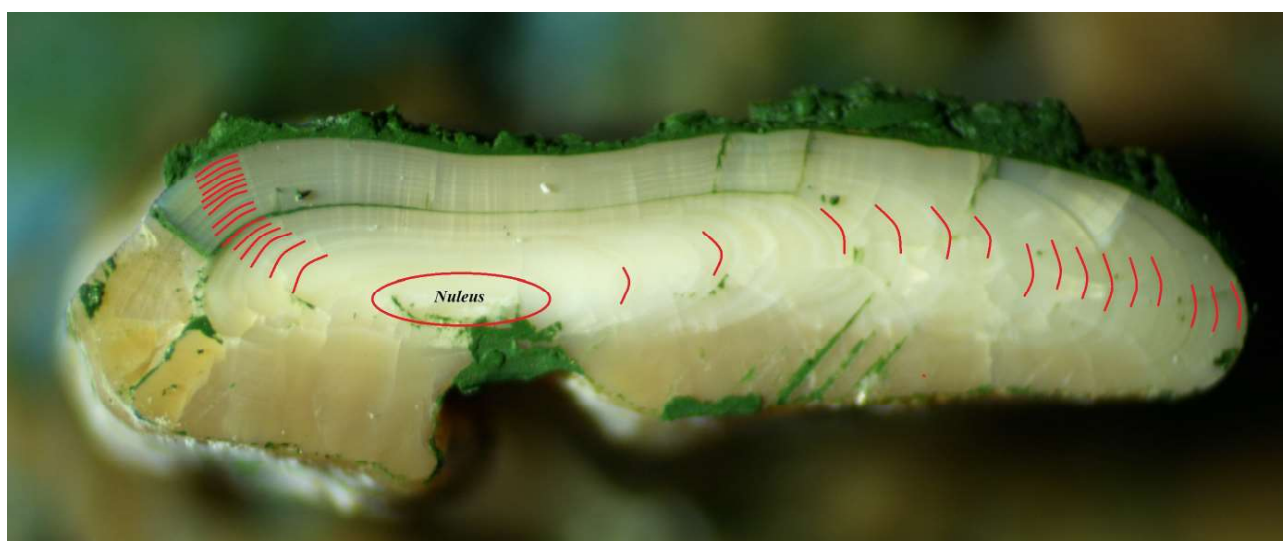
На рис. 4–6 представлены срезы отолидов разновозрастных особей клыкача. На некоторых экземплярах годовые кольца достаточно хорошо видны в нескольких секторах. Так, например, на срезе отолида самца клыкача длиной 139 см возраст хорошо определяется в дорсальном и вентральном секторах (рис. 4).

На рис. 7 показан срез отолида самки длиной 170 см, где годовые кольца лучше читаются в дорсальном секторе. Возраст самки определен как 25+.



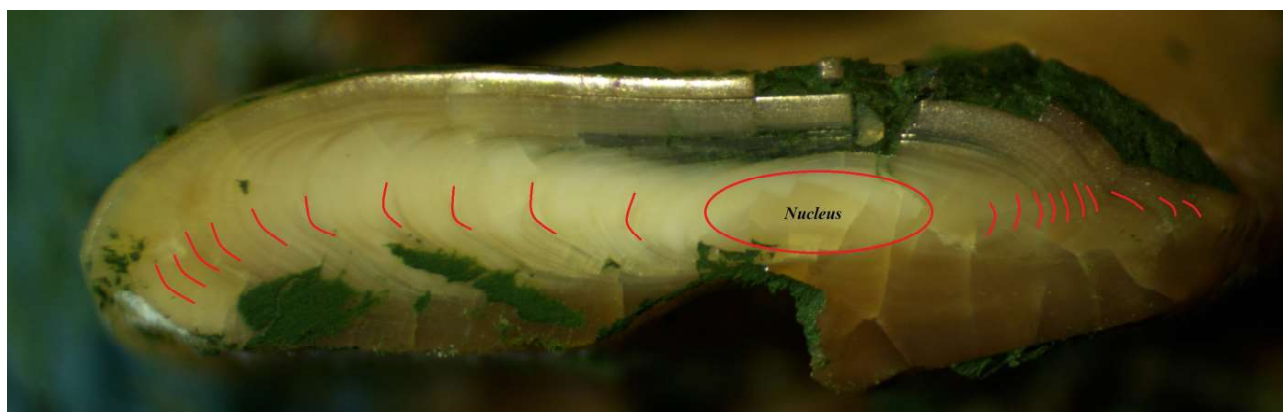
**Рис. 3.** Срез отолита самца клыкача длиной 112 см в возрасте 13+

**Fig. 3.** Section of the otolith belonging to a male Antarctic toothfish 112 cm in length and 13+ years in age



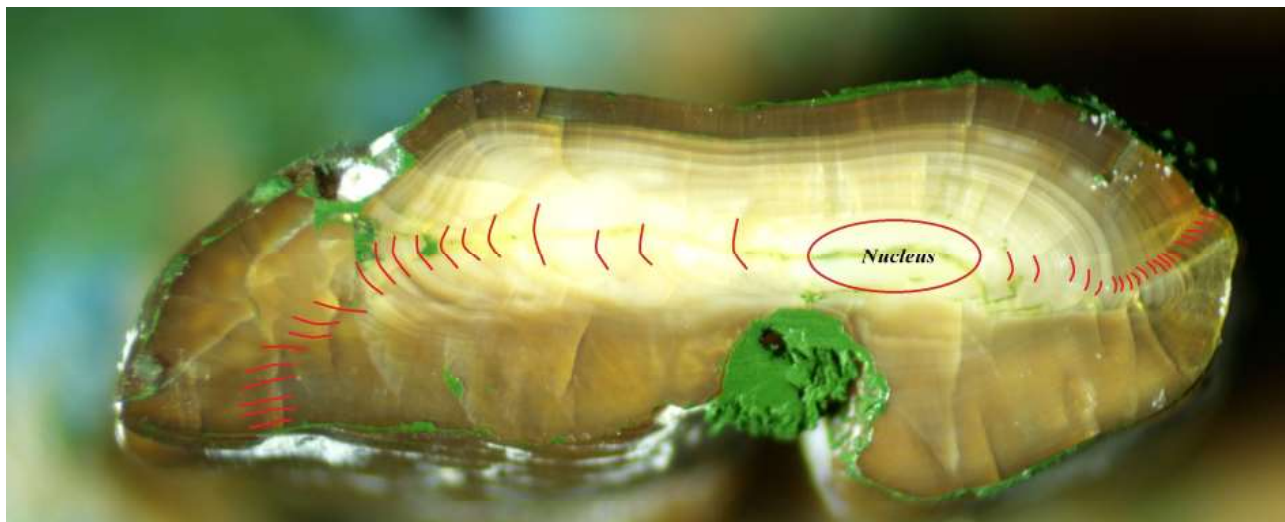
**Рис. 4.** Срез отолита самца клыкача длиной 139 см в возрасте 15+

**Fig. 4.** Section of the otolith belonging to a male Antarctic toothfish 139 cm in length and 15+ years in age



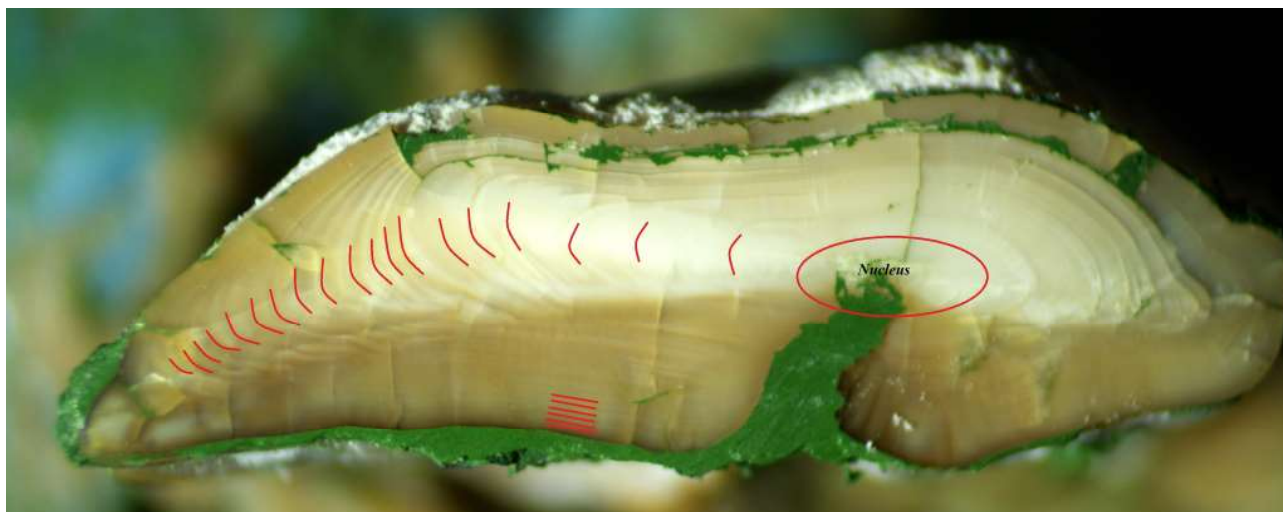
**Рис. 5.** Срез отолита самца клыкача длиной 89 см в возрасте 10+

**Fig. 5.** Section of the otolith belonging to a male Antarctic toothfish 89 cm in length and 10+ years in age



**Рис. 6.** Срез отолиита самки клыкача длиной 155 см в возрасте 20+

**Fig. 6.** Section of the otolith belonging to a female Antarctic toothfish 155 cm in length and 20+ years in age



**Рис. 7.** Срез отолиита самки клыкача длиной 170 см в возрасте 25+

**Fig. 7.** Section of the otolith belonging to a female Antarctic toothfish 170 cm in length and 25+ years in age

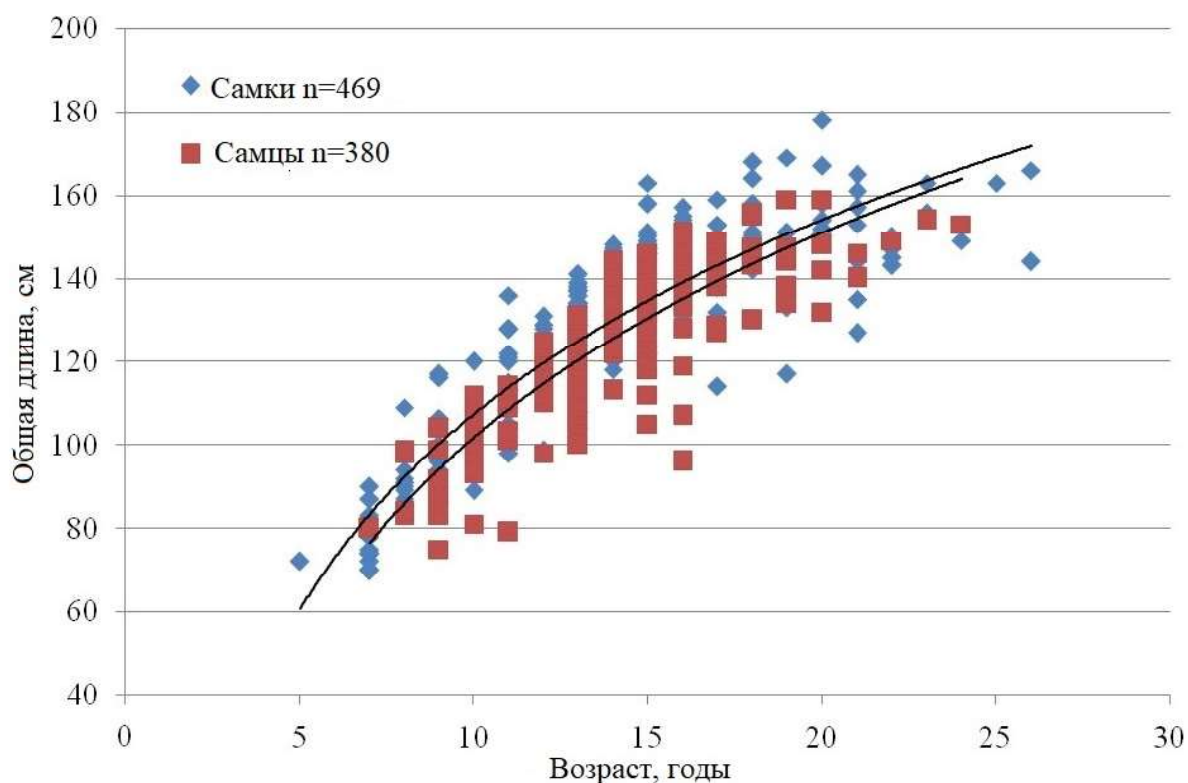
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе подготовки и чтения возрастных препаратов антарктического клыкача не было выявлено обусловленных полом различий в структуре возрастных колец. По результатам возрастных определений нами были построены размерно-возрастные ключи для самцов и самок (рис. 8).

Следует отметить, что самки в исследуемом подрайоне имели длину от 70 до 178 см при средней длине 126 см и возраст от 5 до 26 лет при среднем возрасте 13 лет. Длина самцов в уловах колебалась от 75 до 159 см при средней длине 125 см, а возраст — от 7 до 24 лет при среднем возрасте 14 лет.

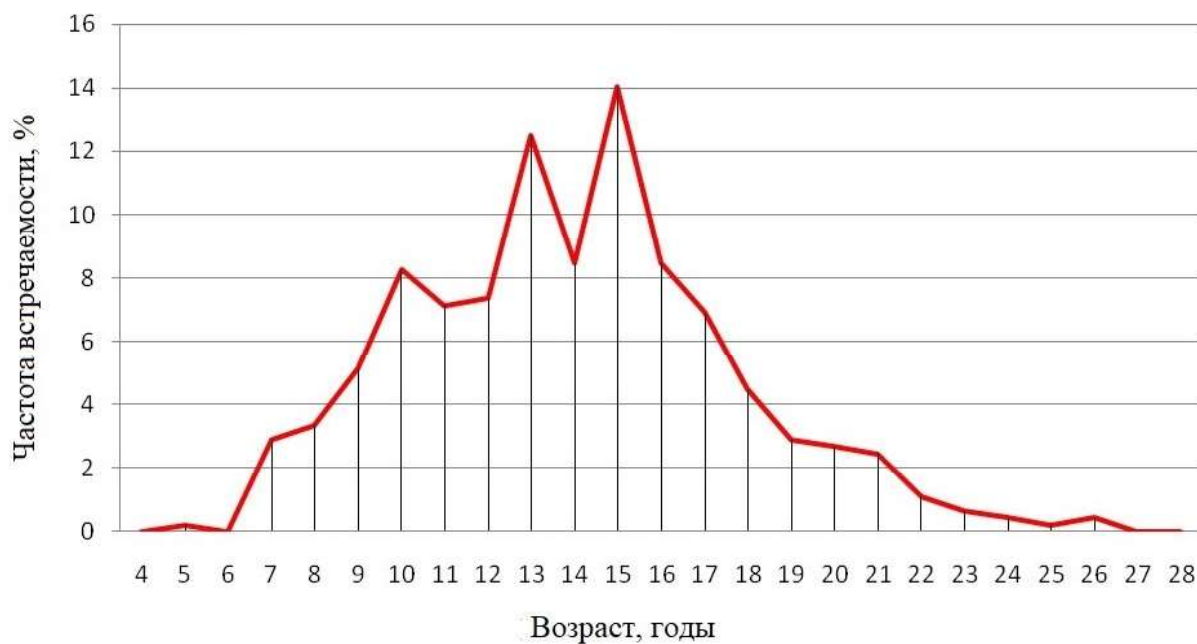
Анализируя общие данные по размерно-возрастному составу клыкача в море Росса, можно отметить, что в уловах он был представлен особями длиной от 70 до 178 см при модальной величине 135 см (7,1 %) и возрастом от 5 до 26 лет с модами возрастных когорт 10 лет (8,2 %), 13 лет (12,4 %) и 15 лет (14,0 %), т. е. численности разных возрастных групп были неодинаковы (рис. 9).

Расчет скорости линейного роста антарктического клыкача хорошо аппроксимируется уравнением Бергаланфи. В связи с отсутствием в уловах рыб длиной менее 70 см (связано с селективностью орудия лова (донный ярус), а также с правилами



**Рис. 8.** График зависимости длины тела от возраста антарктического клыкача в уловах СРТН «Спарта» в море Росса в сезон 2018/2019 гг.

**Fig. 8.** Graph for a relationship between the body length and age of the Antarctic toothfish caught by the medium fishing trawler “Sparta” in the Ross Sea in the fishing season 2018/2019



**Рис. 9.** Возрастной состав антарктического клыкача в уловах СРТН «Спарта» в море Росса в сезон 2018/2019 гг.

**Fig. 9.** Age composition of the Antarctic toothfish caught by the medium fishing trawler “Sparta” in the Ross Sea in the fishing season 2018/2019

ведения промысла в зоне АНТКОМ (МС 22-08)) для обозначения годовиков была принята длина 5 см, для двух-, трех- и четырехлеток использовали значения, соответствующие логарифмической кривой.

Построенные по полученным точкам аппроксимирующие кривые линейного роста клыкача в море Росса отдельно для самок и самцов (рис. 10)

имели среднеквадратические отклонения  $S_d=6,5$  и  $7,4$  %, соответственно, что свидетельствовало о низкой погрешности [18, 19], т. е. о высоком приближении расчетных значений, полученных по логарифмической кривой размеров, к наблюдаемым значениям размеров особей в уловах.

Наши расчеты линейного роста показали, что для антарктического клыкача в море Росса пара-

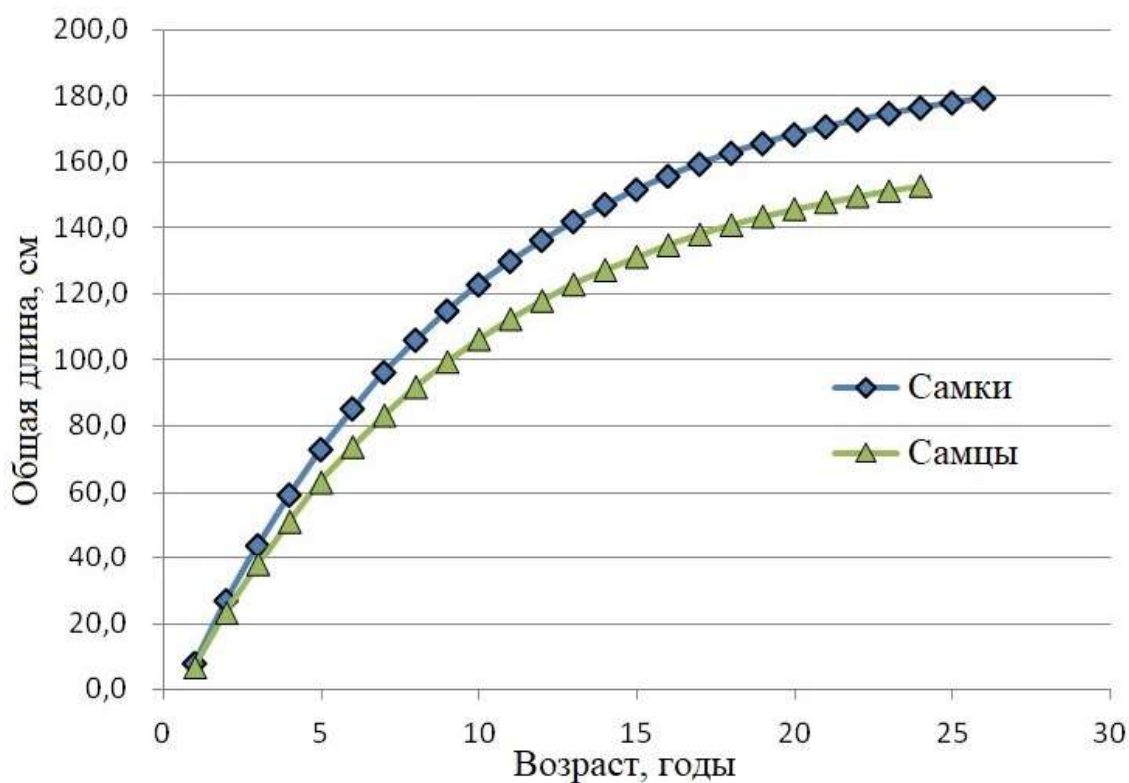


Рис. 10. Линейный рост самок и самцов антарктического клыкача в море Росса, рассчитанный по формуле Бергаланфи

Fig. 10. Linear growth of the Antarctic toothfish males and females caught in the Ross Sea, calculated using von Bertalanffy's growth equation

метры в формуле Бергаланфи имеют следующие значения: предельная теоретическая длина для самок  $L_{\infty}=187,7$  см с относительной скоростью роста  $k=0,092231$  и возрастом клыкача при «нулевой длине»  $t_0=0,859692$  лет; предельная теоретическая длина для самцов  $L_{\infty}=165,1$  см с относительной скоростью роста  $k=0,109441986$  и возрастом клыкача при «нулевой длине»  $t_0=0,6164665$  лет. Таким образом, формула Бергаланфи для линейного роста исследуемого объекта отдельно для самок и самцов имеет вид  $L_t=187,7[1-e^{-0,092231(t-0,859692)}]$  и  $L_t=165,1[1-e^{-0,109441986(t-0,6164665)}]$ , соответственно.

В результате сравнительной оценки размерно-возрастных показателей самцов и самок было установлено, что скорость линейного роста клыкача, как и предполагалось, зависит от возраста, а темпы роста самок клыкача в море Росса выше, чем самцов; вследствие этого самки обычно на 4–13 % крупнее самцов того же возраста.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная методика определения возраста антарктического клыкача по отолитам, в основу которой положены общепринятые подходы

с адаптированными этапами, дала качественные результаты при приготовлении возрастных препаратов и позволяет хорошо идентифицировать зоны роста, закладку ядра и первого годового кольца. Цифровые фотографии шлифов, полученные с помощью окуляр-камеры, могут длительное время храниться на электронном носителе и использоваться как эталонные образцы для наработки опыта по распознаванию возрастных структур отолита.

Анализируя данные по размерно-возрастному составу антарктического клыкача из уловов российского ярусолова СРТН «Спарта» в море Росса, можно констатировать, что он представлен особями длиной от 70 до 178 см (средняя длина 135 см) в возрасте от 5 до 26 лет (средний возраст 13 лет). Длина большинства рыб в уловах находилась в диапазоне 123–144 см (52,4 %), что соответствует возрасту 12–19 лет.

Данные линейного роста клыкача хорошо аппроксимируются уравнением Берта-Ланфи. Аппроксимирующие кривые линейного роста клыкача в море Росса, построенные отдельно для самок и самцов, имеют среднеквадратическое отклонение  $S_d=6,5$  и  $7,4$  %, соответственно, что свидетельствует об удовлетворительной погрешности соответствия наблюдаемых и рассчитанных данных. Анализируя линейный рост самок и самцов, можно сделать вывод, что самки обладают более высоким темпом роста, чем самцы.

Наибольшая скорость линейного роста у клыкача в море Росса наблюдается в течение первых 12 лет жизни до достижения длины тела 120 см, затем она несколько снижается, в среднем составляя около 3–5 см в год, а после 20 лет линейный рост еще более замедляется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Queirós J.P., Machado J.F., Pereira E., Bustamante P., Carvalho L., Soares E., Stevens D.W., Xavier J.C. Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* as a bioindicator of trace and rare earth elements in the Southern Ocean. *Chemosphere*. 2023. Vol. 321. e138134. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138134>.
2. Zhao Zh., Slypko I., Demianenko K., Zhu G. Otolith chemistry reveals ontogenetic movement of the Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) in the Amundsen Sea polynya, Antarctica. *Fisheries Research*. 2024. Vol. 276. e107046. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107046>.
3. Котляр О.А. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиология) : учеб. пособие. Рыбное: Изд-во Дмитровского филиала Астраханского государственного технологического университета, 2004. 180 с.
4. Чугунова Н.И. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Советская наука, 1952. 114 с.
5. Юхов В.Л. Антарктический клыкач. М.: Наука, 1982. 114 с.
6. Фролкина Ж.А. О методике определения возраста патагонского клыкача. *Труды АтлантНИРО*. 1977. Вып. 73: 86–93.
7. Ashford J.R., Wischniowski S.G., Jones C.M., Bobko S.J., Everson I. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. *Reports of the Working Group on Fish Stock Assessment (Hobart, 9–19 October, 2000)*. Document No. WG-FSA-00/28. Hobart: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources Publ., 2000. 13 p.
8. Ashford J.R., Wischniowski S.G., Jones C.M., Bobko S.J., Everson I. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. *CCAMLR Science*. 2001. Vol. 8: 75–92.
9. Campana S.E., Neilson J.D. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1982. Vol. 39, no. 7: 937–942. <https://doi.org/10.1139/f82-127>.
10. Popper A.N., Rogers P.H., Saidel W.M., Sox M. Role of the fish ear in sound processing. *Sensory biology of aquatic animals*. J. Atema, R.R. Fay, A.N. Popper, W.N. Tavolga (eds.). New York: Springer, 1988: 687–710.
11. Lundberg Y.W., Xu Y., Thiessen K.D., Kramer K.L. Mechanisms of otoconia and otolith development. *Developmental Dynamics*. 2015. Vol. 244, issue 3: 239–253. <https://doi.org/10.1002/dvdy.24195>.
12. Отчет семинара по оценке возраста патагонского клыкача (г. Норфолк, Виргиния, 23–27 июня 2001 г.). Дополнение Н. Норфолк: Изд-во Центра количественных исследований экологии промысла Университета Олд Доминион, 2001: 536–560.
13. Юхов В.Л. Строение отолитов антарктического и патагонского клыкачей *D. mawsoni*, Norman и *D. eleginoides*, Smitt Южного океана. *Вопросы ихтиологии*. 1971. Т. 11, вып. 4 (69): 587–594.
14. Мисарь Н.А. Методические рекомендации по определению возраста рыб Антарктики (*Dissostichus mawsoni* (сем. Nototeniidae), *Macrourus caml* (сем. Macrouridae)). *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2019. Т. 2, № 4: 68–72. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2019\\_2\\_4\\_68](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_4_68).
15. Петров А.Ф., Шуст К.В., Пянова С.В., Урюпова Е.Ф., Гордеев И.И., Сытов А.М., Демина Н.С.

Методические рекомендации по сбору и обработке промысловых и биологических данных по водным биоресурсам Антарктики для российских научных наблюдателей в зоне действия Конвенции АНТКОМ. М.: Изд-во ВНИРО, 2014. 103 с.

16. Справочник научного наблюдателя (инструкции по проведению наблюдений и справочные материалы). Хобарт: Изд-во Комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики, 2011. 66 с.
17. Chilton D.E., Beamish R.J. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. *Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1982. No. 60. 102 p.
18. Хоендорф К. Функции Бергаланфи и их применение для характеристики роста рыб (перевод А-244). М., 1977. 58 с.
19. Hohendorf K. Eine Diskussion der Bertalanffy—Funktionen und ihre Anwendung zur Charakterisierung des Wachstums von Fischen. *Kieler Meeresforschungen*. 1966. Vol. 22, no. 1: 70–97.

## REFERENCES

1. Queirós J.P., Machado J.F., Pereira E., Bustamante P., Carvalho L., Soares E., Stevens D.W., Xavier J.C. Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* as a bioindicator of trace and rare earth elements in the Southern Ocean. *Chemosphere*. 2023. Vol. 321. e138134. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138134>.
2. Zhao Zh., Slypko I., Demianenko K., Zhu G. Otolith chemistry reveals ontogenetic movement of the Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) in the Amundsen Sea polynya, Antarctica. *Fisheries Research*. 2024. Vol. 276. e107046. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107046>.
3. Kotlyar O.A. Metody rybokhozyaystvennykh issledovaniy (ikhtiologiya) : uchebnoe posobie [Methods of fisheries research (ichthyology). Study guide]. Rybnoe: Dmitrovskiy filial Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Dmitrovskiy Branch of the Astrakhan State Technical University] Publ., 2004. 180 p. (In Russian).
4. Chugunova N.I. Metodika izucheniya vozrasta i rosta ryb [Age and growth studies in fish]. Moscow: Sovetskaya nauka [Soviet Science], 1952. 114 p. (In Russian).
5. Yukhov V.L. Antarkticheskiy klykach [The Antarctic toothfish]. Moscow: Nauka [Science], 1982. 114 p. (In Russian).
6. Frolkina Zh.A. O metodike opredeleniya vozrasta patagonskogo klykacha [A method for age determination in Patagonian toothfish]. *Trudy AtlantNIRO [Proceedings of the Atlantic Scientific Research Institute for Marine Fishery and Oceanography]*. 1977. Issue 73: 86–93. (In Russian).
7. Ashford J.R., Wischniowski S.G., Jones C.M., Bobko S.J., Everson I. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. In: *Reports of the Working Group on Fish Stock Assessment (Hobart, 9–19 October, 2000). Document No. WG-FSA-00/28*. Hobart: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources Publ., 2000. 13 p.
8. Ashford J.R., Wischniowski S.G., Jones C.M., Bobko S.J., Everson I. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus eleginoides* from South Georgia. *CCAMLR Science*. 2001. Vol. 8: 75–92.
9. Campana S.E., Neilson J.D. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1982. Vol. 39, no. 7: 937–942. <https://doi.org/10.1139/f82-127>.
10. Popper A.N., Rogers P.H., Saidel W.M., Sox M. Role of the fish ear in sound processing. In: *Sensory biology of aquatic animals*. J. Atema, R.R. Fay, A.N. Popper, W.N. Tavolga (eds.). New York: Springer, 1988: 687–710.
11. Lundberg Y.W., Xu Y., Thiessen K.D., Kramer K.L. Mechanisms of otoconia and otolith development. *Developmental Dynamics*. 2015. Vol. 244, issue 3: 239–253. <https://doi.org/10.1002/dvdy.24195>.
12. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Workshop on Estimating Age in Patagonian Toothfish (Norfolk, VA, 23–27 June, 2001). Norfolk: Center for Quantitative Fisheries Ecology of the Old Dominion University Publ., 2001. Document No. WG-FSA-01/7 Rev. 1.
13. Yukhov V.L. Stroenie otolitov antarkticheskogo i patagonskogo klykachey *D. mawsoni*, Norman i *D. eleginoides*, Smitt Yuzhnogo okeana [Otolith structure in the Antarctic and Patagonian blennies *Dissostichus mawsoni* and *D. eleginoides* family Nototheniidae of the Antarctic Ocean]. *Voprosy ikhtiologii [Journal of Ichthyology]*. 1971. Vol. 11, issue 4 (69): 587–594. (In Russian).
14. Misar N.A. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu vozrasta ryb Antarktiki (*Dissostichus mawsoni* (sem. Nototheniidae), *Macrourus caml* (sem. Macrouridae)) [Guidelines for determining the age of the Antarctic fish species (*Dissostichus mawsoni* (fam. Nototheniidae), *Macrourus caml* (fam. Macrouridae))]. *Vodnye biorekursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*. 2019. Vol. 2, no. 4: 68–72. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2019\\_2\\_4\\_68](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_4_68). (In Russian).
15. Petrov A.F., Shust K.V., Pyanova S.V., Uryupova E.F., Gordeev I.I., Sytov A.M., Demina N.S. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke promyslovyykh i biologicheskikh dannykh po vodnym biorekursam

- Antarktiki dlya rossiyskikh nauchnykh nablyudateley v zone deystviya Konventsii ANTKOM [Guidelines for the collection and processing of fishing and biological data on aquatic bioresources of Antarctica for the Russian scientific observers in the CCAMLR Convention area]. Moscow: VNIRO Publ., 2014. 103 p. (In Russian).
16. Scientific observers manual (observation guidelines and reference materials). Hobart: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources Publ., 2011. 65 p.
  17. Chilton D.E., Beamish R.J. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. *Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1982. No. 60. 102 p.
  18. Khoendorf K. Funktsii Bertalanfi i ikh primeneniye dlya kharakteristiki rosta ryb (perevod A-244) [Von Bertalanffy growth functions and their application for characterization of fish growth (Russian translation A-244)]. Moscow, 1977. 58 p. (In Russian).
  19. Hohendorf K. Eine Diskussion der Bertalanffy—Funktionen und ihre Anwendung zur Charakterisierung des Wachstums von Fischen. *Kieler Meeresforschungen*. 1966. Vol. 22, no. 1: 70–97.

#### Об авторах:

**Корзун Юрий Васильевич**, главный специалист Отдела «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2), ORCID 0000-0002-1108-8453, [korzunyv@azniirkh.vniro.ru](mailto:korzunyv@azniirkh.vniro.ru)

**Мисарь Никита Александрович**, специалист Отдела «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2), ORCID 0000-0002-8597-7739, [misarna@azniirkh.vniro.ru](mailto:misarna@azniirkh.vniro.ru)

**Поступила в редакцию** 14.08.2024

**Поступила после рецензии** 28.03.2025

**Принята к публикации** 15.04.2025

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

**Received** 14.08.2024

**Revised** 28.03.2025

**Accepted** 15.04.2025

#### Conflict of interest statement

The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.