

УДК 597.56.591.134

## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПО ЧЕШУЕ И ОТОЛИТАМ У МАЛОГЛАЗОГО МАКРУРУСА *CORYPHAEENOIDES PECTORALIS* (MACROURIDAE) ИЗ ОХОТСКОГО МОРЯ

© 2025 г. О. З. Бадаев<sup>1,\*</sup>, А. И. Алфёров<sup>1</sup>, И. С. Черниенко<sup>1</sup>, А. О. Ерулина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии — ТИНРО, Владивосток, Россия

\*E-mail: badayev@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.05.2024 г.

После доработки 02.08.2024 г.

Принята к публикации 20.08.2024 г.

Вследствие особенностей жизненного цикла глубоководные рыбы демонстрируют более высокую уязвимость к перелову, чем многие другие виды. Интенсификация промысла малоглазого макруруса *Coryphaenoides pectoralis* в дальневосточных морях России предполагает особое внимание к рациональному управлению запасами этого вида, в том числе за счёт правильного представления о размерно-возрастной структуре его популяций. Текущие и исторические оценки продолжительности жизни малоглазого макруруса варьируют от 8 до 58 лет и более. На основе подготовленных препаратов для определения возраста проведён анализ, который показал, что выявленный по чешуе возраст существенно занижается по сравнению с полученным по шлифам отолитов. В выборке максимальный возраст самок, определённый по чешуе, достигал 13 лет, по отолитам — 23 лет, самцов — соответственно 10 лет и 21 год. Методика определения возраста по шлифам отолитов не исключает недоучёт первых и краевых годовых колец. Вопрос интерпретации годовых меток на отолитах пока полностью не решён. Для расширения представления о росте макруруса требуется провести дальнейшие исследования. Для рыбохозяйственных целей предлагается оценивать возраст по отолитам.

**Ключевые слова:** *Coryphaenoides pectoralis*, возраст, отолиты, чешуя, Охотское море.

**DOI:** 10.31857/S0042875225020043, **EDN:** CUUSXE

Малоглазый макрурус *Coryphaenoides pectoralis* (Gilbert, 1892) — широкобореальный батибентальный вид, встречающийся на глубинах 140–3500 м, с максимальными концентрациями в пределах 500–1200 м (Орлов и др., 2007). Обитает в северной части Тихого океана от тихоокеанского побережья центральной части о-ва Хонсю и северных районов Калифорнийского п-ова вдоль Командоро-Алеутской островной гряды на север до Наваринского подводного каньона. В Охотском море распространён повсеместно. Наиболее многочисленен у берегов п-ова Камчатка и в тихоокеанских водах у северных Курильских о-вов (Токранов и др., 2005).

Температурные пределы для малоглазого макруруса в водах у Восточной Камчатки, Охотского моря и у Курильских о-вов — 0.85–4.75 (оптимум 1.5–4.0)°С (Тупоногов, 1991; Orlov, Tokranov, 2008). Вид является важным промысловым объектом в Дальневосточном рыболовном бассейне, особенно в Охотском море, в котором он обитает глубже и его запасы более значительные, чем в западной части Берингова моря и в тихоокеанских водах у Курильской гряды (Тупоногов, 1991, 1997; Тупоногов, Новиков, 2016; Шунтов, 2022). Для этого вида характерен половой диморфизм, который выражается в значительной разнице по средним и максимальным

размерным показателям — самки крупнее самцов (Тупоногов, 2003; Orlov, Tokranov, 2008).

Одной из важных биологических характеристик малоглазого макруруса является его возрастная структура. В целом ошибки в определении возраста кроме неверного представления о возрастной структуре могут привести к неправильной промысловой эксплуатации вида. Особенную озабоченность вызывает интерпретация оценки возраста долгоживущих и глубоководных рыб (Savvatimsky, 1994; Bergstad, 1995; Allain, Lorance, 2000). Очевидно, это связано со слабо выраженной сезонностью на больших глубинах. На российском Дальнем Востоке до настоящего времени применяли методику определения возраста макруров по чешуе. Куликова (1957) приводит максимальный возраст восемь лет для особи малоглазого макруруса абсолютной длиной (*TL*) 96 см. Новиков (1970) и Паутов (1975) сообщили о возрасте в два раза большем при сходной длине (от 15 до 17 лет при *TL* 93 см и 17 лет при *TL* 115 см). Тупоногов (1997) оценил возраст макруруса *TL* 150 см в 23 года и сообщил, что возраст может достигать значений свыше 40 лет (Тупоногов, 2003). Солдат (2007) для тупорылого макруруса *C. rupestris* предложил определять возраст по рядам шипиков на его чешуе. Максимальный возраст самок в его исследовании 20 лет, самцов — 18 лет. Ряд авторов показали, что оценки возраста рыб по чешуе занижены по сравнению с определением возраста по отолитам (Chilton, Beamish, 1982; Wilson, 1982; Treble, Dwyer 2008; Бадаев и др., 2023). Орлов с соавторами (2007) при изучении просветлённых в глицерине целых отолитов в падающем свете на чёрном фоне под микроскопом определили максимальный возраст малоглазого макруруса *TL* 135 см из вод у северных Курильских о-вов и Юго-Восточной Камчатки в 12 лет.

Оценки возраста на основе анализа тонких спилов отолитов макрурид (Macrouridae) указывают на то, что макрурусы — долгоживущие рыбы, которые медленно растут и созревают в позднем возрасте. На основании подсчёта приростов отолитов Bergstad (Bergstad, 1990) и Келли с соавторами (Kelly et al., 1997) оценили предельный возраст тупорылого макруруса в 50–72 года. Максимальный возраст чёрного макруруса *C. acrolepis* может достигать 56–73 лет (Matsui et al., 1990; Andrews et al., 1999). У близких по экологии представителей семейства Moridae — мелкочешуйной *Antimora microlepis* и клюворылой *A. rostrata* антимор — максималь-

ный возраст самок оценён соответственно 46 и 47 лет, самцов — 36 и 44 года (Коростелев и др., 2020; Коростелев, Орлов, 2020). Бёртон (Burton, 1999) и Роджеллер с соавторами (Rodgveller et al., 2010) по тонким срезам отолитов и по радиометрическим изотопам с использованием соотношения  $^{210}\text{Pb} : ^{226}\text{Ra}$  указали максимальный возраст для малоглазого макруруса из северо-восточной части Тихого океана соответственно в 58 и 56 лет.

Одной из причин, по которой лаборатория исследования возраста и роста рыб ТИНРО начала исследование корректности методик определения возраста малоглазого макруруса по разным возраст регистрирующим структурам (ВРС), явилась интенсификация промысла исследуемого вида в дальневосточных морях России (Кулик и др., 2023).

Цель настоящей работы — сравнить результаты определения возраста малоглазого макруруса по чешуе и шлифам отолитов и выявить проблемы с адекватной оценкой возраста по выбранным методикам.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали во время мониторинга состояния ресурсов донных рыб в северной части Охотского моря в 2021 г. на ярусолове “Триумф” (рыболовецкий колхоз “Восток-1”), который осуществлял промышленный лов малоглазого макруруса в районе со средними координатами  $55^{\circ}00' \text{ с.ш.}, 148^{\circ}34' \text{ в.д.}$  Работа научного наблюдателя включала в себя массовые промеры и биологические анализы исследуемого вида, оценку величины и качества уловов для дальнейшего изучения особенностей распределения макруруса (коллектор А.И. Алфёров). Известно, что во время промысловых операций у макруров часто обрывается конец хвоста, также в уловах встречаются рыбы с признаками потери хвоста в прошлом (Matsui et al., 1990; Орлов и др., 2018). В данной работе исследовали ВРС отобранных из промысловых уловов рыб с неповреждённым хвостом. Однако при дальнейшей работе в массовом материале встречались рыбы с признаками потери хвоста, поэтому кроме абсолютной длины измеряли длину от кончика рыла до анального отверстия с точностью до 0.1 см. Антеанальное расстояние (от кончика рыла до начала анального плавника) менее точно связано с абсолютной длиной, чем более консервативная длина до анального отверстия. Ранее было показано, что расстояние

от ануса до начала анального плавника у рыб может значительно варьировать в зависимости от пола (Воскобойникова, Баланов, 2019) и индивидуально (Кудерский, 1958).

Методика сбора, хранения и обработки ВСР принята на основе накопленного мирового опыта с собственной модификацией (Чугунова, 1959; Буслов, 2009; Hutchinson, Anderl, 2012; Matta, Kimura, 2012; Alferov et al., 2024). Исследованы рыбы  $TL$  69–95 см. Для определения возраста из головы каждой особи извлекали наиболее крупные отолиты (сагитты), под спинным плавником ближе к боковой линии отбирали по 20–30 чешуек. Затем делали препарат с 8–10 чешуйками, из которых в дальнейшем пригодными для определения возраста оказывались четыре–пять.

Чешуя малоглазого макруруса относительно крупная, неправильной округлой формы (рис. 1а). Сагитты несколько выпуклые в дистальном направлении и, наоборот, вогнутые в проксимальном. Характерной особенностью является гребневидный вентральный край с зубцами разной величины у разных особей (рис. 1б).

Для шлифовки отолитов использовали шлифовальную бумагу с зернистостью от Р180 до Р2000. Для получения чётких шлифов с мак-

симальным количеством годовых меток сначала отолит шлифовали с дистальной стороны, затем с проксимальной. Рисунки кольцевых структур получались настолько чёткими, что для их проявления не использовали иммерсионную жидкость. По мере проявления рисунка отолит можно сломать пополам ближе к ядрышку и продолжать шлифовать большую часть, снижая этим риски разрушения тонкой пластины. Подобную методику по шлифам отолитов используют для определения возраста малоглазого макруруса в Научном центре рыболовства Аляски (Hutchinson, Anderl, 2012). При шлифовке только с одной стороны до получения чёткого рисунка стачивается часть годовых отметок. Из 50 отолитов, взятых для ручной обработки, два пришлось выбраковать. Это связано с их хрупкостью на последних этапах обработки. Всего возраст был определён у 39 самок и 11 самцов малоглазого макруруса.

Просмотр ВСР и получение их снимков осуществляли под микроскопом триинокулярным Микромед МС-4-ZOOM LED (“Микромед”, Китай) с беззеркальным системным цифровым фотоаппаратом Fujifilm X-A2 (“Fujifilm”, Япония), используя к нему насадки Barlow с двукратным увеличением (“SvBony”, Китай). Для достоверности оценку возраста рыб осуществля-

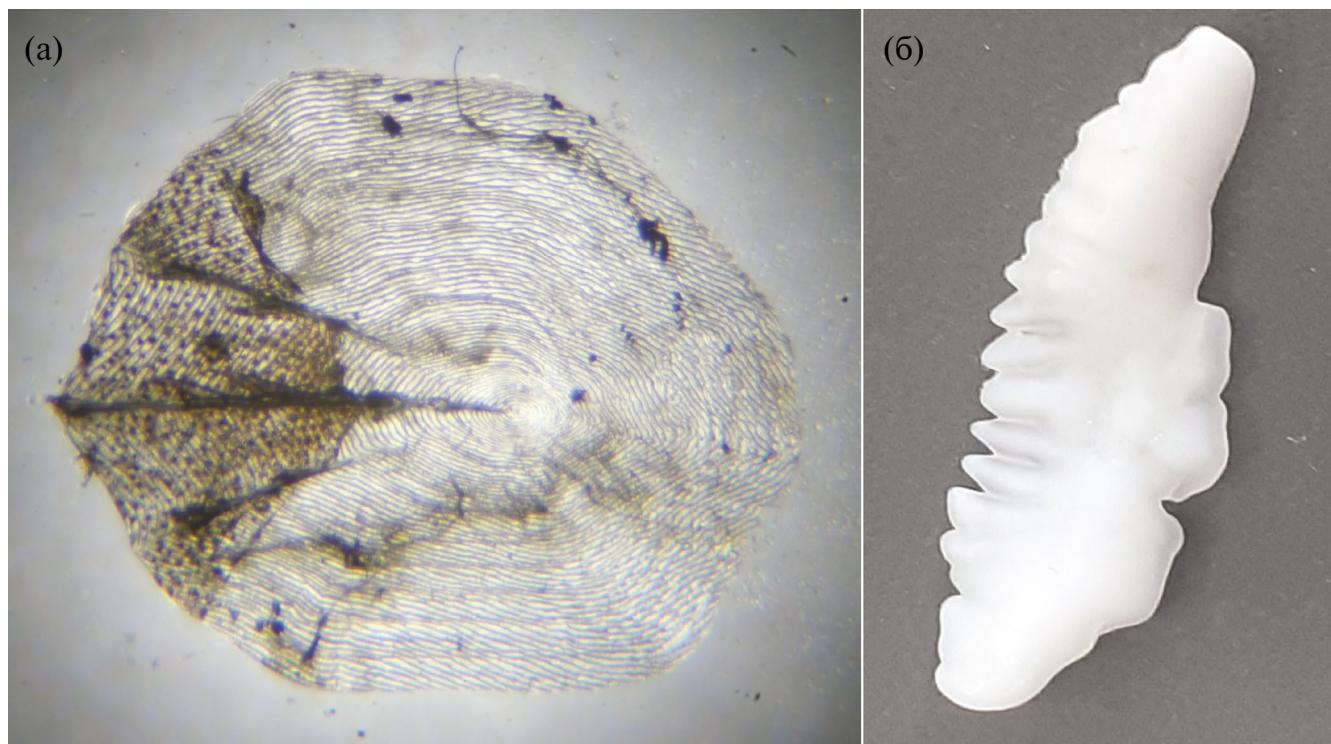


Рис. 1. Чешуя (а) и отолит (б) малоглазого макруруса *Coryphaenoides pectoralis*.

ли три имеющих опыт оператора независимо друг от друга.

Сравнения результатов между операторами и между определениями возраста по чешуе и отолитам выполняли с использованием теста на симметрию Макнимара–Боукера (Ogle, 2021). Тест анализирует  $k \times k$  таблицу сопряжённости, где  $k$  — число возрастных групп. Строки таблицы ( $i$ ) — возрастные категории, принятые в качестве стандарта. Столбцы ( $j$ ) — сравниваемые с ним методы или операторы. Таблица содержит частоты  $n_{ij}$ , отражающие число особей, находящихся в возрастной категории, соответствующей стандарту для каждой возрастной категории сравниваемого образца. Нулевая гипотеза —  $H_0: n_{ij} = n_{ji} \forall_{i,j}$ . Критерий Макнимара–Боукера ( $T_{MB}$ ) рассчитывали по формуле:

$$T_{MB} = \sum_{i < j} \frac{(n_{ij} - n_{ji})^2}{n_{ij} + n_{ji}}.$$

Критерий следует распределению  $\chi^2$  с числом степеней свободы  $k(k - 1)/2$ . При малых значениях  $p$  делается вывод о наличии систематического смещения. При сравнении смещения в определении возраста в качестве стандарта принимали результаты оператора 1.

Для определения степени рассеивания результатов между стандартом и образцом использовали коэффициент вариации (CV) (Campana et al., 1995):

Анализ смещения между операторами (тест Макнимара–Боукера) определённого по разным регистрирующим структурам возраста особей малоглазого макрууса *Coryphaenoides pectoralis*

Пол	Операторы	Число рыб, экз	$T_{MB}$	$p$	$CV, \%$
Чешуя					
Самцы	1/2	11	4.44	$1.96 \times 10^{-2}$	18.21
Самки	1/2	39	26.47	$2.68 \times 10^{-7}$	18.02
Самцы	1/3	11	2.78	$9.60 \times 10^{-2}$	9.29
Самки	1/3	39	0.17	$7.10 \times 10^{-1}$	9.13
Отолиты					
Самцы	1/2	11	3.60	$5.80 \times 10^{-2}$	17.53
Самки	1/2	37	23.05	$1.57 \times 10^{-6}$	19.27
Самцы	1/3	11	2.00	$1.57 \times 10^{-1}$	10.05
Самки	1/3	37	1.00	$8.57 \times 10^{-1}$	13.22

Примечание.  $T_{MB}$  — критерий Макнимара,  $p$  — уровень значимости, CV — коэффициент вариации.

что для этих двух операторов рассеяние ( $CI$ ) результатов определения возраста по отолитам немножко превышало рекомендованные 10%.

После объединения данных, полученных операторами 1 и 3, при сравнении (тест Макнамиара–Боукера) результатов определений возраста по чешуе с результатами по отолитам разница была  $\sim 40\%$ : для самцов —  $\chi^2 = 22.00$ ,  $p = 2.73 \times 10^{-6}$ ,  $CV = 39.63$  ( $n = 22$ ); для самок —  $\chi^2 = 71.05$ ,  $p = 3.48 \times 10^{-17}$ ,  $CV = 40.31$  ( $n = 74$ ). Хорошо заметно (рис. 2, 3), что при использовании препаратов с чешуёй возраст малоглазого макруруса значительно недооценивался по сравнению с возрастом, определённым по шлифам отолитов. Систематическое занижение возраста наблюдалось даже у предрекрутов и молодых половозрелых особей (рис. 4). Для исследованных

самцов эта разница доходила до 12 лет, самок — до 15 лет.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Следует заметить, что не всё однозначно и с определением по отолитам числа прожитых исследованными макрурусами лет. Мы полагаем, что по крайней мере часть выделенных в нашей работе возрастных меток можно принимать как годовые условно. Край отолита может выглядеть как широкая зона прироста. В своём исследовании Роджеллер с соавторами (Rodgveller et al., 2010) показали, что в зависимости от технологии обработки на краю отолита малоглазого макруруса может недоучитываться значительное число годовых колец. Также вызывает вопрос

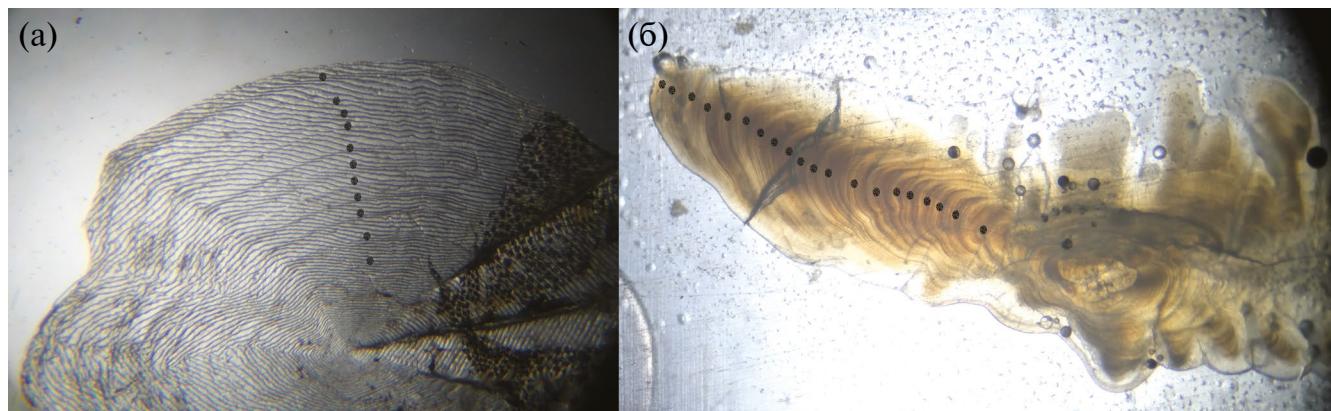


Рис. 2. Препараты из чешуи (а) и отолита (б) самки малоглазого макруруса *Coryphaenoides pectoralis* TL 78 см: (●) — годовые кольца; определённый по чешуе возраст 11+, по отолиту — 20+.

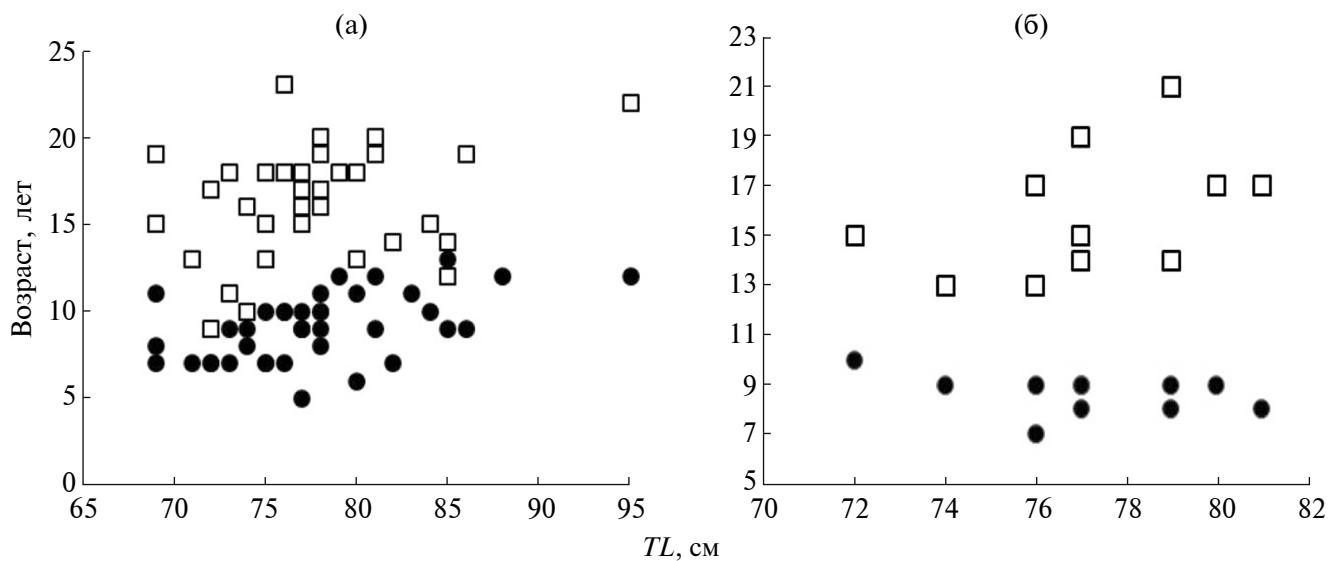
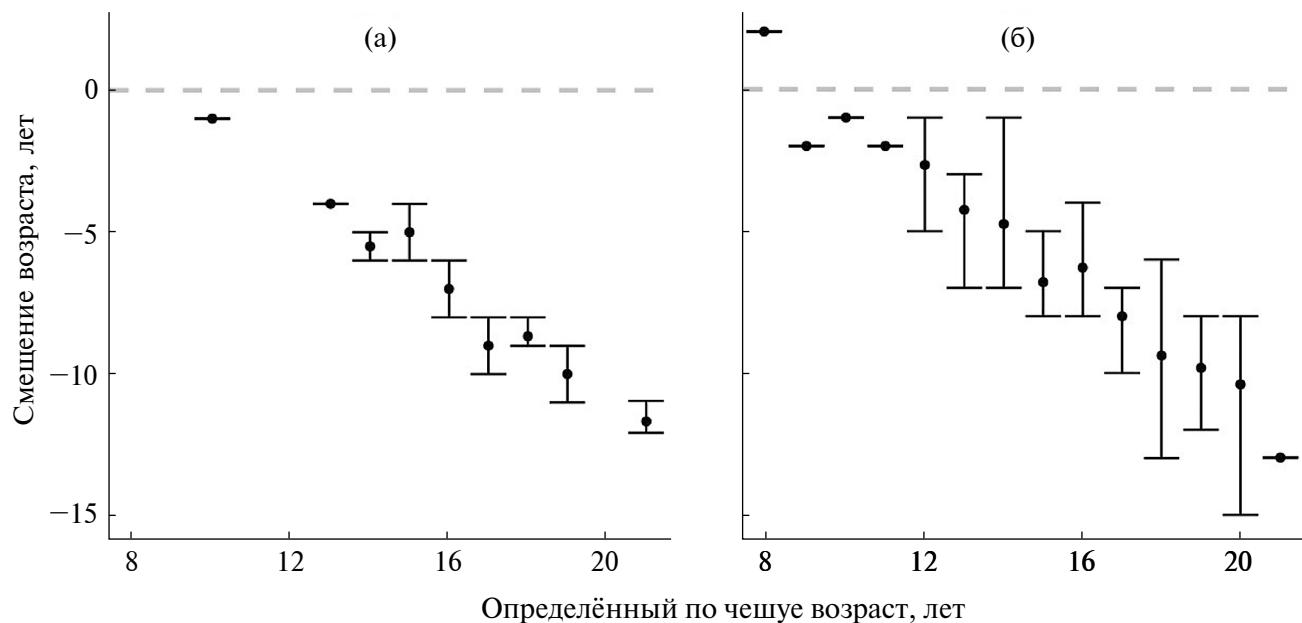


Рис. 3. Связь абсолютной длины (TL) и возраста у малоглазого макруруса *Coryphaenoides pectoralis*: а — самки, б — самцы; возраст: (□) — определённый по шлифам отолитов, (●) — по чешуе.



**Рис. 4.** Разница (смещение) между определённым по чешуе возрастом (●) самцов (а) и самок (б) *Coryphaenoides pectoralis* и возрастом, определённым по отолитам: (—) — нулевая разница между определёнными разными методами значениями возраста, (I) — минимальное и максимальное значения.

идентификация первых (ближних к ядрышку) годовых колец. Считается, что у макруруса, как и у большинства других рыб, наибольшие линейные приросты приходятся на первые годы жизни (Куликова, 1957; Новиков, 1970, 1974; Тупоногов, 1991). Однако при исследовании возраста северного макруруса *Macrourus berglax* из Северо-Западной Атлантики были выражены сомнения в том, что только чёткое кольцо на чешуе является годовым (Savvatimsky, 1994). Попытаемся выяснить некоторые биологические особенности вида, которые могут влиять на закладки колец ВРС. Весь жизненный цикл малоглазого макруруса проходит на большой глубине, на которой гидрологические условия относительно стабильные. Очевидно, что для личинок и молоди макруруса обитание в батипелагии — это, с одной стороны, выбранная видом стратегия, чтобы избежать донных хищников, которыми изобилует батибенталь, с другой — определённые проблемы с обеспеченностью пищей. Несмотря на то, что только незначительная часть уловов макрурусов после поднятия с глубины остаётся с невывернутыми желудками, относительно благополучно изучено питание малоглазого макруруса  $TL > 50$  см (Чучкало, 2006). Трофический уровень особей вида ожидаемо увеличивается по мере их роста (Горбатенко, 2018). Если молодь питается главным образом зоопланктоном, то для взрослого

макруруса основу питания составляют рыбы (*Pisces*), кальмары (*Myopsida + Oegopsida*) и десятиногие ракообразные (*Decapoda*) (Тупоногов, 1991; Чучкало, 2006). Специальные биоэнергетические исследования вида не проводили, однако известно, что взрослым рыбам достаточно наполнить желудок один раз в 2–3 сут. Молодые рыбы размером  $<40$  см, судя по имеющемуся ограниченному материалу, для того чтобы поддерживать кормовыми организмами меньшего трофического уровня энергетический баланс и рости, должны питаться более интенсивно (Чучкало, 2006). Скорее всего, макрурус не совершает длительные интенсивные перемещения в поисках пищи, а в основном поджидает добычу, на это указывают технохимические характеристики его мышечной ткани, в которой содержание белков и липидов приблизительно в четыре раза меньше, чем, например, у чёрного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Кизеветтер, 1971). Многие представители глубоководного нектона (батилаги (*Bathylagus*), миктофиды (*Mystophidae*), серебрянка *Leuroglossus schmidtii*, некоторые кальмары и другие) совершают суточные кормовые миграции из глубоководья в подповерхностные воды. Но молодь макруруса обитает на большой глубине постоянно и, вероятно, рассредоточена в огромной толще воды. По данным гидроакустических исследований составлено представление о том, что

пространственное и временное распределение планктона в пределах глубин обитания вида неравномерно как за счёт различной динамики вод, так и по причине миграций интерзональных видов, которые в своей основной массе достигают средней мезопелагии (Виноградов, 1968).

Крайняя редкость поимок молоди (в том числе личинок) малоглазого макруруса (Endo et al., 2010; Алфёров, 2022; Саушкина, 2022; Alferov, 2022) пока не позволяет провести исследования её возраста, роста, а также особенностей распределения и других характеристик. Если для рыб  $TL > 30$  см, вероятно, существует некоторая ритмика в питании, связанная с вертикальными миграциями интерзональных кормовых организмов, то для мелких макрурусов это маловероятно. Возможно, рост их в этот период не такой значительный, как у шельфовых видов или видов, совершающих миграции в вышележащие слои пелагии. Например, для того, чтобы молоди чёрного палтуса вырастили до 30–40 см в условиях лучшей обеспеченности пищей на шельфе, должно пройти несколько лет (Dwyer et al., 2016). Даже принимая во внимание то, что почти до конца прошлого столетия биомассу планктона оценивали без учёта коэффициента уловистости (для глубоководного планктона не установлен надёжный коэффициент уловистости до сих пор), Виноградов (1968) показал, что в нижней мезопелагии и глубже биомасса кормового зоопланктона на порядок ниже, чем в верхнем слое, и продолжает снижаться с глубиной. При этом хищные глубоководные обитатели дна и придонного слоя обеспечены пищей лучше, чем постоянные жители глубоководной пелагии. Взрослый малоглазый макрурус питается в основном в некотором отрыве от дна (Головань и др., 1990; Clausen, 2008).

Учитывая вышесказанное, представляется, что расположенные перед первым чётким кольцом на ВРС макрурусов менее отчётливые метки, между которыми расстояние не такое большое, как между последующими чёткими кольцами, вполне могут оказаться годовыми. А значит, и на этом этапе может недооцениваться возраст этого вида.

Нет убедительных ответов на вопрос, являются ли остальные “годовые” кольца зоной ежегодного прироста. В условиях, в которых обитает макрурус, наиболее вероятным стрессовым событием, способным влиять на его питание настолько, чтобы образовалась гиалиновая зона роста на ВРС, является нерест. Не исследована

биоэнергетика вида, связанная с периодичностью нереста малоглазого макруруса, имеющего не только крупную печень, депонирующую жир, но и довольно крупные гонады. Многолетние данные сезонного изменения доли преднерестовых и нерестящихся самок, сезонного изменения питания особей вида и их упитанности по Фультону (максимальные значения в конце нагула и минимальные во время нереста), колебаний упитанности особей по месяцам в Северо-Курильском районе и Охотском море свидетельствуют, что увеличение энергетических затрат (в период интенсификации нереста) малоглазого макруруса происходит в тёплое время года (с весны до осени) и имеет два пика. В межгодовом плане пики могут сдвигаться (Тупоногов, 1991, 1997). Однако в течение всего года между этими пиками нереста встречаются особи как с текущими гонадами, так и недавно выметавшие половые продукты. Вполне возможно, что в стабильных условиях глубоководья нерест для части особей не привязан к чёткому годовому циклу и в зависимости от готовности к размножению может сдвигаться. Эти сдвиги необязательно должны быть в сторону большей продолжительности по времени между закладками зон роста, чем календарный год.

Неоднозначность в определении возраста рыб разными методами (Burton, 1999; Beamish, McFarlane, 2000; Cailliet et al., 2001; Campana et al., 2011; Casselman et al., 2019; Le Bourg, Le Bourg, 2020), в том числе радиоизотопным и шлифовкой по поверхности отолитов, а также отсутствие в пробах ВРС молоди оставляют вопрос точного определения возраста малоглазого макруруса открытым. Как следствие, остаются не до конца решёнными проблемы, связанные с выявлением времени наступления половой зрелости, возрастной структуры промысловой части популяции в разных районах, фертильного возраста особей и видовой плодовитости. Биохимический состав и механизмы образования кольцевых структур чешуи и отолитов различаются (Михеев, Шеина, 2020). Возможно, в этом кроется причина, почему на чешуе невидимы или неотчётливы некоторые метки, которые хорошо заметны на отолите. Это делает определение возраста по чешуе более субъективным, а значит, менее пригодным для практических целей.

Для достижения прогресса в этом вопросе необходимо, во-первых, накопить сведения по росту макруруса для всех размерных групп, начиная от личиночной стадии. Нерест макруру-

са, как, вероятно, и других глубоководных рыб, икра, личинки и молодь которых развиваются в батипелагали, должен проходить в местах каких-то систем течений, которые обеспечивают транзит личинок к местам скопления кормового планктона нужной фракции. Переход на внешнее питание является критическим, и корм для личинок должен быть доступен к этому периоду. Вероятно, в местах повышенных концентраций глубоководного планктона существует высокая вероятность поимок молоди макруров и других видов, имеющих сходную экологию. Во-вторых, важную информацию можно получить при проведении биоэнергетических исследований с помощью современных методов. На основании более репрезентативного материала, включающего сотни отолитов малоглазого макруруса, планируются исследования, включающие построение размерно-возрастных ключей для самцов и самок, а также определение возраста созревания вида. Перекрёстный анализ всех доступных методов определения возраста рыб и выявление особенностей биологии вида на сегодняшний день — наиболее вероятный путь.

Возраст других долгоживущих макруров и близких по экологии долгоживущих видов сравним с полученными нами результатами. Кулик с соавторами (2023) показали, что до последнего времени при определении общего допустимого улова малоглазого макруруса целевой коэффициент эксплуатации был выбран исходя из допустимой естественной убыли, характерной для рыб с продолжительностью жизни до 25 лет. Уже сейчас для некоторых промысловых зон уровень эксплуатации запасов этого вида находится на границе между безопасным и опасным. Уровень информационного обеспечения оценки состояния запаса соответствует второму (Бабаян и др., 2018). Одним из главных условий для достижения первого уровня является выявление размерно-возрастного состава популяций в течение периода, превышающего продолжительность жизни малоглазого макруруса. Таким образом, актуальность исследования возраста этого вида имеет большое теоретическое и практическое значение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение методик оценки возраста малоглазого макруруса подтвердило результаты аналогичных работ, проведённых зарубежными коллегами. Результаты наших исследований и анализ

данных литературы показывают, что оценки возраста малоглазого макруруса по чешуе значительно занижены по сравнению с таковыми по отолитам. Близость оценок максимального возраста малоглазого макруруса по радиоизотопам (литературные данные) и по шлифам отолитов даёт основание считать вторые более пригодными для использования в рыбохозяйственной деятельности по сравнению с методикой определения возраста по чешуе. Необходимо провести сравнительный анализ различных методик определения возраста (шлифы, тонкие спилы, слом-обжиг) и верификацию определений возраста с использованием более широкого размерного и возрастного диапазона рыб, а также анализа годового цикла развития отолитов. Без проверки точности оценок возраста малоглазого макруруса остаются нерешёнными проблемы, связанные с точностью определения его роста, смертности, оценок величины запасов и, как следствие, с рациональным регулированием промысла. До проведения этих исследований интенсификация промысла возможна только за счёт новых разведанных запасов и более полной изученности биологии вида.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счёт средств бюджета ТИНРО (тема 2.4.7.16). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Рыб для биологического анализа отбирали уже умершими из промысловых уловов. Разрешение на проведение подобных исследований не требуется.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алфёров А.И. 2022. Встречаемость молоди семейства Macrouridae в Беринговом море в период с 1963 по 2020 гг. // Тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. “Морские исследования и образование (MARESEDU-2022)”. Т. III (IV). Тверь: ПолиПРЕСС. С. 295–301.
- Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. 2018. Методические рекомендации по оценке запасов при-

- оритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 312 с.
- Бадаев О.З., Черниенко И.С., Овсянникова С.Л.* 2023. Сравнительный анализ оценок возраста черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* северо-западной части Тихого океана на основе различных методических подходов // Изв. ТИНРО. Т. 203. № 2. С. 342–356.  
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2023-203-342-356>
- Буслов А.В.* 2009. Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 14. С. 32–46.
- Виноградов М.Е.* 1968. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М.: Наука, 320 с.
- Воскобойникова О.С., Баланов А.А.* 2019. Морфологическая изменчивость пятнистого круглопёра *Eumicrotremus pacificus* (Cottoidei, Cyclopteridae) // Вопр. ихтиологии. Т. 59. № 5. С. 523–530.  
<https://doi.org/10.1134/S0042875219050230>
- Головань Г.А., Пахоруков Н.П., Сыса В.Н.* 1990. Распределение и поведение глубоководных рыб в районе Курильских островов // Биология моря. № 1. С. 70–72.
- Горбатенко К.М.* 2018. Троофодинамика гидробионтов в Охотском море: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО, 48 с.
- Кизеветтер И.В.* 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат, 297 с.
- Коростелев Н.Б., Орлов А.М.* 2020. Сравнительный анализ возраста и роста клюворылой антиморы *Antimora rostrata* (Moridae, Gadiformes) в водах Южного полушария // Тр. IX Междунар. науч.-практ. конф. “Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)”. Т. I (III). Тверь: ПолиПРЕСС. С. 337–339.
- Коростелев Н.Б., Байталик А.А., Мальцев И.В., Орлов А.М.* 2020. Первые данные о возрасте и росте мелкочешуйной антиморы *Antimora microlepis* (Moridae) из вод подводного Императорского хребта (Северо-Западная Пацифика) // Вопр. ихтиологии. Т. 60. № 6. С. 689–697.  
<https://doi.org/10.31857/S0042875220060028>
- Кудерский Л.А.* 1958. Материалы по внутривидовой изменчивости судака // Тр. Карел. филиала АН СССР. Вып. 13. С. 70–107.
- Кулик В.В., Алфёров А.И., Горюнов М.И.* 2023. Оценка максимального устойчивого улова малоглазого макруруса *Albatrossia pectoralis* (Macrouridae) на Дальнем Востоке России на основе байесовской продукционной модели JABBA // Изв. ТИНРО. Т. 203. № 2. С. 443–463.  
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2023-203443-463>
- Куликова Е.Б.* 1957. Рост и возраст глубоководных рыб // Тр. ИО АН СССР. Т. 20. С. 347–355.
- Михеев П.Б., Шеина Т.А.* 2020. Применение анализа микроэлементного состава кальцинированных структур рыб для решения фундаментальных и прикладных научных задач: обзор // Изв. ТИНРО. Т. 200. № 3. С. 688–729.  
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-688-729>
- Новиков Н.П.* 1970. Биология малоглазого долгохвоста *Chalinura pectoralis* в северной части Тихого океана // Тр. ВНИРО. Т. 70. Вып. 5. С. 300–326.
- Новиков Н.П.* 1974. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть, 308 с.
- Орлов А.М., Абрамов А.А., Токранов А.М.* 2007. Некоторые черты биологии малоглазого *Albatrossia pectoralis* и пепельного *Coryphaenoides cinereus* макрурусов в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Докл. VII Междунар. науч. конф. “Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей”. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 120–148.
- Орлов А.М., Ведищева Е.В., Трофимова А.О., Орлова С.Ю.* 2018. Рост и возраст северного макруруса *Macrourus berglax* в водах юго-западной Гренландии // Вопр. ихтиологии. Т. 58. № 3. С. 348–355.  
<https://doi.org/10.7868/S0042875218030116>
- Паутов Г.П.* 1975. Возраст и рост малоглазого (*Nematonurus pectoralis*), пепельного (*Coryphaenoides cinereus*) и черного (*Coryphaenoides acrolepis*) макрурусов в северной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 96. С. 181–185.
- Саушкина Д.Я.* 2022. Случай поимок мальков рыб семейства долгохвостовые (Gadiformes: Macrouridae) в тихоокеанских водах Камчатки в 2006–2018 гг. // Биология моря. Т. 48. № 5. С. 346–350.  
<https://doi.org/10.31857/S0134347522050084>
- Солдат В.Т.* 2007. Методика определения возраста тупорылого макруруса *Coryphaenoides rupestris* (Gunnerus, 1765) Срединно-Атлантического хребта // Промыслово-биологические исследования Атлантического океана в 2004–2005 годах. Т. 2. Биопродуктивность вод и экология промысловых популяций. Калининград: Изд-во Атлантического океана. С. 103–107.
- Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А.* 2005. Промысловые рыбы материкового склона прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 52 с.
- Тупоногов В.Н.* 1991. Экология малоглазого долгохвоста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО, 24 с.
- Тупоногов В.Н.* 1997. Сезонные миграции макруруса *Coryphaenoides pectoralis* в Охотском море и сопредельных водах // Биология моря. Т. 23. № 6. С. 362–369.
- Тупоногов В.Н.* 2003. Распределение и биологическое состояние макрурусов в Охотском море и у Курильских островов летом–осенью 2000 г. // Изв. ТИНРО. Т. 133. С. 56–66.

- Тупоногов В.Н., Новиков Н.П.* 2016. Макруры — важный резерв глубоководного промысла в дальневосточных морях // Рыб. хоз-во. № 6. С. 54–60.
- Чугунова Н.И.* 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 164 с.
- Чучкало В.И.* 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр, 484 с.
- Шунтов В.П.* 2022. Биология дальневосточных морей России. Т. 3. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 455 с.
- Alferov A.I.* 2022. Distribution of giant grenadier (*Albatrossia pectoralis*) at different stages of ontogenesis in the Bering Sea // PICES-2022. Book of Abstract. Busan: PICES Secretariat. P. 137.
- Alferov A.I., Badaev O.Z., Erulina A.O.* 2024. Comparative analysis of age determination methods for giant grenadier macrurus (*Coryphaenoides pectoralis*) based on different age-recording structures of scales and otoliths // Proc. 38th Int. Symp. Okhotsk Sea and Polar Oceans. Mombetsu: OSPORA. P. 257–259.
- Allain V., Lorance P.* 2000. Age estimation and growth of some deep-sea fish from the Northeast Atlantic Ocean // Cybium. V. 24. № 3. Suppl. P. 7–16.  
<https://doi.org/10.26028/cybium/2000-243s-001>
- Andrews A.H., Cailliet G.M., Coale K.H.* 1999. Age and growth of the Pacific grenadier (*Coryphaenoides acrolepis*) with age estimate validation using an improved radiometric ageing technique // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 56. № 8. P. 1339–1350.  
<https://doi.org/10.1139/cjfas-56-8-1339>
- Barret T., Dowle M., Srinivasan A. et.al.* 2024. Data.table: Extension of ‘data.frame’. R package version 1.16.0 (<https://CRAN.R-project.org/package=data.table>. Version 05/2024).
- Beamish R.J., McFarlane G.A.* 2000. Reevaluation of the interpretation of annuli from otoliths of a long-lived fish, *Anoplopoma fimbria* // Fish. Res. V. 46. № 1–3. P. 105–111.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00137-5](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00137-5)
- Bergstad O.A.* 1990. Distribution, population structure, growth and reproduction of the roundnose grenadier *Coryphaenoides rupestris* (Pisces: Macrouridae) in the deep waters of the Skagerrak // Mar. Biol. V. 107. № 1. P. 25–39.  
<https://doi.org/10.1007/BF01313239>
- Bergstad O.A.* 1995. Age determination of deep-water fishes: experiences, status and challenges for the future // Deep-water fisheries of the north Atlantic oceanic slope. Dordrecht: Springer. P. 267–283.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-015-8414-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-015-8414-2_10)
- Burton E.J.* 1999. Radiometric age determination of the giant grenadier (*Albatrossia pectoralis*) using  $^{210}\text{Pb} : {^{226}\text{Ra}}$  disequilibrium: M. Sci. Thesis. San Francisco: San Francisco St. Univ., 91 p.
- Cailliet G.M., Andrews A.H., Burton E.J. et al.* 2001. Age determination and validation studies of marine fishes: do deep-dwellers live longer? // Exp. Gerontol. V. 36. № 4–6. P. 739–764.  
[https://doi.org/10.1016/s0531-5565\(00\)00239-4](https://doi.org/10.1016/s0531-5565(00)00239-4)
- Campana S.E., Annand M.C., McMillan J.I.* 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations // Trans. Am. Fish. Soc. V. 124. № 1. P. 131–138.  
[https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124<0131:GASMFD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124<0131:GASMFD>2.3.CO;2)
- Campana S.E., Zwanenburg K.C.T., Smith J.N.* 2011.  $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$  determination of longevity in redfish // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 47. № 1. P. 163–165.  
<https://doi.org/10.1139/f90-017>
- Casselman J.M., Jones C.M., Campana S.E.* 2019. Bomb radiocarbon age validation for the long-lived, unexploited Arctic fish species *Coregonus clupeaformis* // Mar. Freshw. Res. V. 70. № 12. P. 1781–1788.  
<https://doi.org/10.1071/MF18354>
- Chilton D.E., Beamish R.J.* 1982. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- Clausen D.M.* 2008. The giant grenadier in Alaska // Am. Fish. Soc. Symp. V. 63. P. 413–450.
- Dwyer K.S., Treble M.A., Campana S.E.* 2016. Age and growth of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Northwest Atlantic: a changing perception based on bomb radiocarbon analyses // Fish. Res. V. 179. P. 342–350.  
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.01.016>
- Endo H., Nakayama N., Suetsugu K., Miyake H.* 2010. A larva of *Coryphaenoides pectoralis* (Gadiformes: Macrouridae) collected by deep-sea submersible from off Hokkaido, Japan // Ichthyol. Res. V. 57. № 3. P. 272–277.  
<https://doi.org/10.1007/s10228-010-0164-4>
- Hutchinson C.E., Anderl D.M.* 2012. Giant grenadier (*Albatrossia pectoralis*) age and growth research. Seattle: NOAA et al. (<https://www.fisheries.noaa.gov/alaska/sustainable-fisheries/giant-grenadier-albatrossia-pectoralis-age-and-growth-research>. Version 05/2024).
- Le Bourg B., Le Bourg E.* 2020. Age determination and lifespan of marine animal species // Encyclopedia of biomedical gerontology. London: Acad. Press. P. 26–36.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11329-7>
- Matsui T., Kato S., Smith S.E.* 1990. Biology and potential use of Pacific grenadier, *Coryphaenoides acrolepis*, off California // Mar. Fish. Rev. V. 52. № 3. P. 1–17.
- Matta M.E., Kimura D.K.* 2012. Age determination manual of the Alaska Fisheries Science Center Age and Growth Program // NOAA Prof. Pap. NMFS. № 13. 97 p.
- Ogle D.* 2021. FSA: fisheries stock analysis R package version 0.9.1 (<https://github.com/droglenc/FSA>. Version 09/2021).

- Orlov A.M., Tokranov A.M.* 2008. Some ecological and biological features of giant and popeye grenadiers in the pacific waters off the northern Kuril Islands and Southeastern Kamchatka // Am. Fish. Soc. Symp. V. 63. P. 225–260.  
<https://doi.org/10.47886/9781934874004.ch16>
- Rodgveller C.J., Clausen D.M., Nagler J.J., Hutchinson C.* 2010. Reproductive characteristics and mortality of female giant grenadiers in the Northern Pacific Ocean // Mar. Coast. Fish. V. 2. № 1. P. 73–82.  
<https://doi.org/10.1577/C09-028.1>
- Savvatimsky P.I.* 1994. Age structure of roughhead grenadier (*Macrourus berglax*) in the Northwest Atlantic // NAFO Sci. Coun. Stud. № 20. P. 53–64.
- Treble M.A., Dwyer K.S.* 2008. Report of the Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) age determination workshop // Ibid. № 41. 90 p.  
<https://doi.org/10.2960/S.v41.m1>
- Wickham H.* 2016. ggplot2: elegant graphics for data analysis, Cham: Springer, 260 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wilson R.R. Jr.* 1982. A comparison of ages estimated by polarized light method with ages estimated by vertebrae in females of *Coryphaenoides acrolepis* (Pisces: Macrouridae) // Deep Sea Res. Pt. A. Oceanogr. Res. Pap. V. 29. № 11. P. 1373–1379.  
[https://doi.org/10.1016/0198-0149\(82\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0198-0149(82)90015-2)

## COMPARISON OF METHODS FOR STUDYING THE AGE OF THE GIANT GRENADE *CORYPHAEENOIDES PECTORALIS* (MACROURIDAE) BY SCALES AND OTOLITHS

**O. Z. Badaev<sup>1,\*</sup>, A. I. Alferov<sup>1</sup>, I. S. Cherniyenko<sup>1</sup>, and A. O. Erulina<sup>1</sup>**

*Pacific Branch, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok, Russia*

*\*E-mail: badayev@yandex.ru*

On the basis of the prepared preparations for age reading, an analysis was made and it was shown that the age of scales is significantly underestimated, compared with the technique when otolith sections are used. The results cast doubt on existing ideas about the growth of the macrurus. The question of interpreting the age of the small-eyed macrurus for all age groups remains open.

*Keywords:* giant grenadier *Coryphaenoides pectoralis*, age, otoliths, scales, methods.