

УДК 597.587.9 (268.4)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СХЕМЫ РОСТА ОТОЛИТОВ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА РОСТА ОТОЛИТОВ ПОЛЯРНОЙ КАМБАЛЫ *LIOPSETTA GLACIALIS* ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Г. В. Фукс

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Архангельск, Россия

Одним из методов исследований отолитов, который получил широкое развитие в мире в последние десятилетия, является отолитометрия. Исследований по отолитометрии камбаловых в бассейнах арктических морей никто пока не проводил, за исключением автора. Представленный в работе методический подход можно использовать для наглядного сравнения темпа роста отолитов и рыбы как одного из методов его изучения по результатам отолитометрии. Наиболее информативно проводить сравнение темпа роста отолитов рыб с выраженным половым диморфизмом. Особенно хорошо видны и сравнимы размеры годовых колец в первые годы жизни. При сравнении схем по районам берется возраст рыб для каждого из них. На основе полученной информации проводится анализ скорости роста и сравнение результатов по районам. В работе представлены приемы построения схемы роста отолитов для наглядного изучения и сравнения скорости роста полярной камбалы *Liopsetta glacialis* (Pleuronectidae) в разных районах обитания. В литературных источниках подобных методик не опубликовано.

Ключевые слова: линейная зависимость; коэффициент детерминации; Белое море; Онежский залив.

G. V. Fuks. USING OTOLITH GROWTH PATTERN AS A TOOL FOR COMPARATIVE ANALYSIS OF OTOLITH GROWTH IN THE ARCTIC FLOUNDER *LIOPSETTA GLACIALIS* FROM ONEGA BAY OF THE WHITE SEA

One of the methods for studying otoliths which has been widely promoted around the world in recent decades is otolithometry. There has so far been no otolithometric research on pleuronectids in basins of Arctic seas other than the author's own. The technique presented here can be used for a visual comparison of the growth rate of otoliths and fish as one of the methods for studying it based on the results of otolithometry. The comparison of the growth rate of fish otoliths would be the most informative in fish with pronounced sexual dimorphism. Annual ring sizes are especially clearly visible and comparable in the first years of life. When comparing area-specific patterns, fish of certain age are taken for each area. On the basis of the information received, growth rates are analyzed and compared among areas. The paper presents the methods of plotting an otolith growth pattern for illustrative study and comparison of growth rates in the Arctic flounder *Liopsetta glacialis* (Pleuronectidae) in different habitats. No such techniques have previously been published in the literature.

Введение

Изучение роста рыб, механизмов его регуляции представляет большой интерес для ученых. Выявление факторов, определяющих его темп, дает возможность прогнозировать промысловый запас популяции [Зубова, 2016]. Рост – сложный количественный процесс, связанный с приращением массы и линейных размеров. Рыбы растут в течение всей жизни, при этом с возрастом темп роста снижается [Дгебуадзе, 2001; Вышегородцев, 2002]. Под скоростью или темпом роста рыбы подразумевают увеличение ее длины или массы за условно взятый промежуток времени [Чугунова, 1959]. Рост рыб представляет собой изменение длины и массы организма, его можно отобразить математической функцией, у которой числовые значения параметров будут постоянны; его изучение необходимо для оценки биологических параметров популяции, которые, в свою очередь, являются частью задач промысловой ихтиологии для изучения системы «запас – промысел» [Шибяев, 2007].

Одним из методов исследований отолитов, который получил широкое развитие в мире в последние десятилетия, является отолитометрия [Campana, 2001]. Метод является важным инструментом изучения роста рыб и широко используется исследователями, он апробирован на многих видах рыб: тихоокеанских камбалах [Мягких, 2001], тресковых [Мина, 1967; Баранова, Бернер, 1984; Винников, Давыденко, 1998; Легенькая, 1999; Begg, 2000, 2001; Пашенко, Грицай, 2001; Jónsdóttir et al., 2006; Stransky et al., 2008; Орлов, Афанасьев, 2013], атлантической скумбрии [Castonguay et al., 1991], круглой сардинелле [Чешева, Зимин, 2004], северном морском окуне [Orlov et al., 2007], атлантической сельди [Messieh, 1972], семге [Friedland, Reddin, 1994], европейской ставриде [Stransky et al., 2008], горбуше [Ефанов, Хоревин, 1979]. Исследований по отолитометрии камбаловых в бассейнах арктических морей никто пока не проводил, за исключением автора [Фукс, 2014, 2016–2018]. Отолиты рыб начинают функционировать как регистрирующие структуры в самом раннем онтогенезе – еще до выклева рыб [Апс, 1981]. Рост рыбы и рост чешуи (а также костей и отолитов) закономерно связаны между собой и продолжают всю жизнь [Чугунова, 1959; Yaremko, 1996; Mendoza, 2006]. Отолиты служат источником

записи истории жизни рыбы [ICES..., 2004] и хранят информацию о ежедневном приросте, размере, росте и онтогенезе рыб [Gerard, Malca, 2011]. Одной из самых привлекательных характеристик отолитов является отсутствие резорбции. Это означает, что при неблагоприятных условиях, в том числе при отсутствии должного питания, минералы отолитов не будут расходоваться [Mendoza, 2006]. Таким образом, они являются одним из самых надежных инструментов для определения возраста, темпов роста, структуры популяции и управления рыболовством [Campana, Thorrold, 2001; Mendoza, 2006; McFarlane et al., 2010]. Для объективного изучения скорости роста необходим наиболее широкий возрастной ряд и репрезентативная выборка по каждому возрастному классу. Рыбы обладают чрезвычайной изменчивостью показателей роста, в том числе при внутривидовых сравнениях.

Существует много способов изучения роста рыб: по наблюдаемым данным, обратным расчислениям [Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Брюзгин, 1969], по уравнениям Форда – Уолфорда и Берталанфи [Шибяев, 2007], различными математическими моделям с использованием вариационной статистики [Мина, Клевезаль, 1976; Лакин, 1990; Дгебуадзе, 2001]. Последние применены для изучения роста полярной камбалы Белого моря [Фукс, Шилова, 2017]. Представленную в работе методику можно использовать для наглядного сравнения темпа роста отолитов и рыбы как одного из методов его изучения по результатам отолитометрии.

Полярная камбала, *Liopsetta glacialis* (Pleuronectidae) Pallas, 1776, – аркто-бореальный [Mecklenburg et al., 2018] вид. Широко распространена в прибрежных участках исследуемых акваторий. По нашим данным, максимальный размер – 31,6 см, максимальная масса тела – 437 г. Достигает возраста 22 лет в Белом, 28 лет – в юго-восточной части Баренцева и 23 лет – в юго-западной части Карского моря [Фукс, Семушин, 2017]. Хозяйственное значение полярной камбалы невелико, в водоемах Северного рыбохозяйственного бассейна ее специализированный промысел не ведется, в то же время она является одним из важнейших второстепенных объектов рыболовства, постоянно присутствующим в приловах, и прежде всего при осуществлении промысла коренными и малочисленными народами Севера,

живущими на побережье Белого, Баренцева и Карского морей.

Целью работы является представление нового методического подхода к изучению роста отолигов на примере полярной камбалы, *Lipsetta glacialis* (Pleuronectidae) Pallas, 1776, Онежского залива Белого моря и сравнение скорости их роста в разных районах обитания. Новизна заключается в визуализации роста отолигов на основе эмпирических наблюдений, при этом можно использовать несколько участков ареала, от мелких до крупных; особенно информативно изучать рост рыб с выраженным половым диморфизмом. На схеме хорошо виден размер отолига первого года жизни рыбы, что особенно важно для выявления популяционных группировок, как отмечают некоторые исследователи [Лепесевич, 2010]. В литературных источниках подобных методик не опубликовано.

Материалы и методы

Изучение роста отолигов полярной камбалы проводилось на материале, собранном в Онежском заливе Белого моря в период 2001–2018 гг. на участках: акватории о-вов Кий и Большой Соловецкий, р. Колежма, центральная часть залива (далее – Море). Материалы собраны в ходе регулярных научно-исследовательских рейсов и прибрежных экспедиций. Для сбора ихтиологического материала с судна использовали придонный трал проекта ББГЛ с горизонтальным раскрытием 14 м, вертикальным – 5 м и шагом ячеи в кутке 16 мм. На прибрежных станциях использовали стационарные орудия лова с шагом ячеи в кутке 12–24 мм и разноячейные порядки ставных жаберных сетей с шагом ячеи 20–60 мм. Отолиги извлекали в ходе проведения биологического анализа по общепринятым ихтиологическим методикам [Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Шибаев, 1996; Инструкции..., 2001]. Измерение длины и ширины проводилось в камеральных условиях под биноклем МБС-10 с помощью окуляр-микрометра (можно использовать другое увеличительное или измерительное устройство). При выполнении работ исследовано не менее 100 отолигов особей каждого пола по всем районам, возрастной ряд старались делать как можно шире, чтобы охватить большее количество возрастных классов. Размеры отолига в первые годы жизни при отсутствии эмпирических данных в некоторых районах получены методом обратных расчислений [Чугунова, 1959]. Всего исследовано 900 отолигов рыб обоих полов (табл.).

Размер полученных выборок различается как по количеству экземпляров, так и по ко-

Объем обработанных отолигов, шт.

The volume of processed otoliths, ind.

Район залива Bay area	Самки Females	Самцы Males
акватория о. Кий Kiy Island water area	137	105
р. Колежма Kolezhma River	102	102
о. Большой Соловецкий Big Solovetsky Island	116	103
Море Sea	133	102
Всего Total	488	412

личеству возрастных классов. В связи с этим статистическая обработка данных проводилась с применением критерия «хи-квадрат» для сравнения нескольких совокупностей одновременно, в частности четырех районов Онежского залива, для уровня значимости $\alpha = 0,05$, по методике В. Ю. Урбаха [1964].

Результаты и обсуждение

Проведенными исследованиями выявлено, что рост отолигов прямо пропорционален росту рыбы. Все показатели имеют линейную зависимость, безотносительно к полу и району исследований, с высоким коэффициентом детерминации – 0,9934 у самок и 0,9854 у самцов. Для примера приводятся данные по акватории о. Кий Онежского залива Белого моря, эмпирические кривые роста и линии тренда практически сливаются (рис. 1).

Линейная зависимость длины рыбы и длины отолига доказана многими исследователями на различных видах рыб [Trough, 1954; Templemana, Squires, 1956; Мина, 1967; Легенькая, 1999; Harvey et al., 2000; Aydin et al., 2004; Svetochева et al., 2007; Battaglia et al., 2010; Фукс, 2013; Seyfabadi et al., 2014; Dehghani et al., 2015; Zan et al., 2015], в том числе и на полярной камбале юго-восточной части Баренцева [Фукс, 2016] и юго-западной части Карского [Фукс, 2018] морей, схематично это показано на рис. 2.

В работе приведены схемы роста отолигов самок (у самцов наблюдается похожая картина) по четырем районам Онежского залива Белого моря: акватории кутовой части о. Кий, р. Колежма, центральной части залива (Море) и о. Большой Соловецкий (рис. 3).

Необходимо отметить, что существует различное программное обеспечение (как правило, иностранных разработчиков) для проведения измерений объектов с помощью микроскопии.

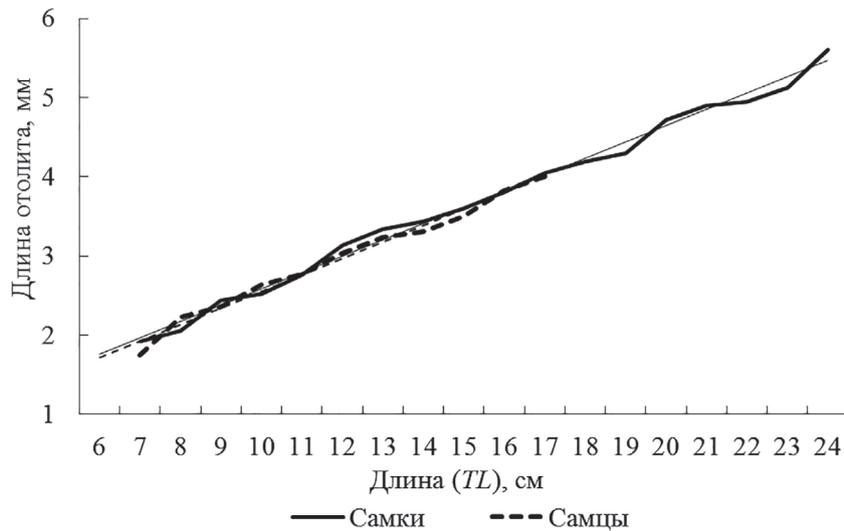


Рис. 1. Зависимость длины отолита от длины рыбы у полярной камбалы
 Fig. 1. The dependence of the otolith length on the length of the Arctic flounder

Некоторые программы имеются в свободном доступе, для других необходимы определенные финансовые затраты. В предлагаемом подходе применялась программа из стандартного пакета MS Office, который в современном мире имеется на каждом компьютере.

Отолит полярной камбалы фотографируют через бинокляр в отраженном свете на темной поверхности в емкости с водой, чтобы избежать бликов. Полученное изображение переносится в MS Excel. Для каждого видимого года с помощью инструмента «кривая» MS Excel обводятся годовые кольца по краю гиалиновой зоны, несколько таких колец показано на рис. 4. Ячейки страницы приводятся к одному масштабу и форме в виде квадрата. Далее берутся средние значения длины и ширины отолита по каждому году и строятся схемы.

Для удобства сравнения скорости роста все условные кольца смещаются к нулю. Наиболее информативно проводить сравнение видов рыб с выраженным половым диморфизмом (рис. 5). Особенно хорошо видны и сравнимы размеры годовых колец в первые годы жизни.

Для сравнения схем по районам берется возраст рыб, который имеется в каждом из них. Например, у полярной камбалы в районах Онежского залива Белого моря взят возраст, равный 8 годам, он может быть больше или меньше в зависимости от возрастного состава рыб сравниваемых районов. На рис. 6 приведены схемы роста правых отолитов самок полярной камбалы, для самцов отмечены похожие результаты. На основе полученной информации проводится анализ скорости роста и его сравнение по районам.

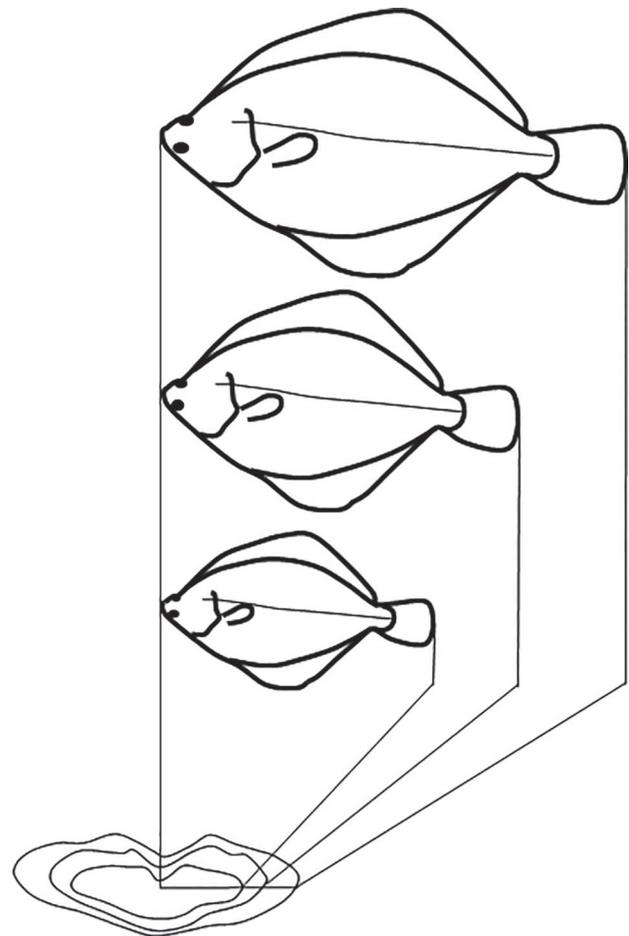


Рис. 2. Соотношение между темпом роста рыбы и отолита

Fig. 2. The ratio between the growth rate of fish and otolith

В возрасте 8 лет самый крупный отолит отмечен в эстуарной зоне р. Колежма, самый мелкий – в акватории о. Большой Соловецкий.

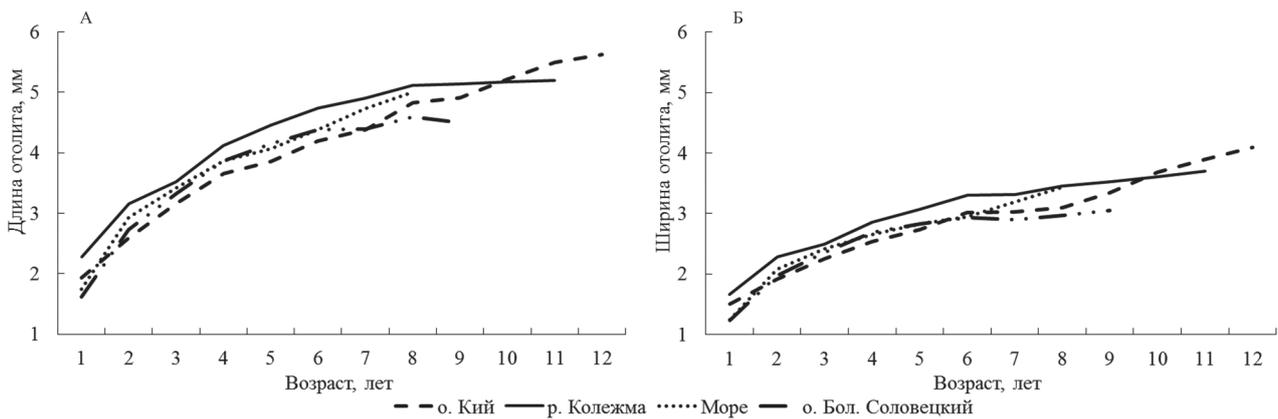


Рис. 3. Рост отолигов самок полярной камбалы в течение жизни в районах Онежского залива Белого моря: а – длина, б – ширина отолига

Fig. 3. Growth of the otoliths in females of the Arctic flounder over the lifetime in the areas of the Onega Bay in the White Sea:

a – length, b – width of otoliths

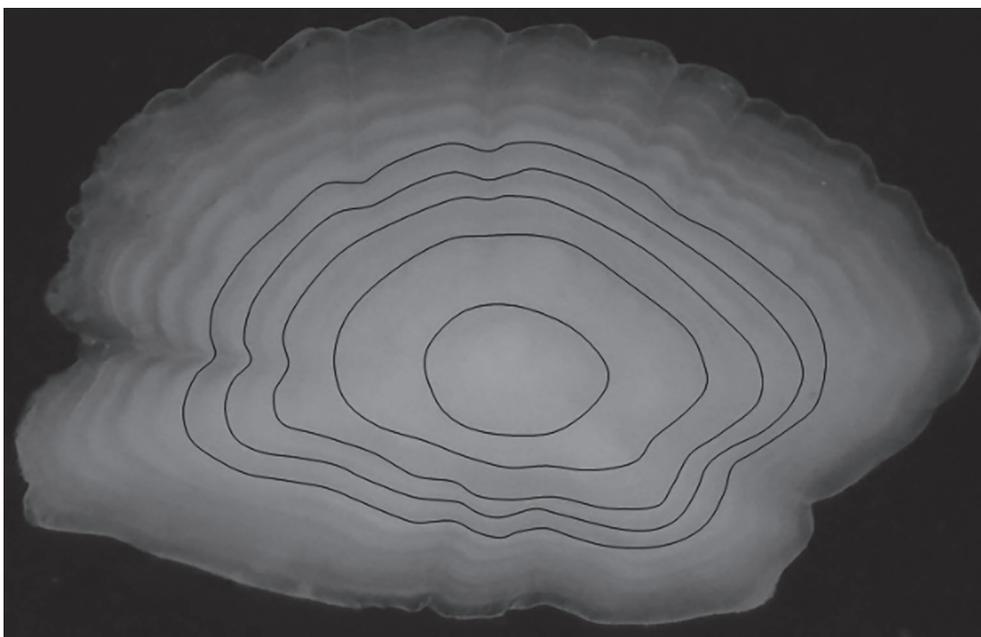


Рис. 4. Прорисованные «кольца» отолига полярной камбалы для построения схемы
Fig. 4. Traced 'rings' of the Arctic flounder otolith used for building the scheme

Отолиты первого года жизни крупнее в районах о. Кий и р. Колежда, которые относятся к кутовой части залива, имеющей более высокую температуру. Например, по данным ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Архангельск, средняя температура воды в период активного роста с мая по октябрь в 2016 г. в кутовой части составила 14,3, а на Соловецких о-вах 10,1 °С. В морских частях – Море и о. Большой Соловецкий – отолиты первого года мельче. Таким образом, на схеме видно, что в акватории р. Колежда отолиты полярной камбалы са-

мые крупные и быстрорастущие, а на о. Большой Соловецкий – наоборот. Схема наглядно показывает биологические особенности роста полярной камбалы. Подобным образом можно сравнивать любые участки ареала.

Далеко не всегда и везде удастся получить отолиты младших возрастных групп из-за отсутствия молоди рыб в уловах. Недостающие возрастные классы и, соответственно, параметры отолига находят с помощью обратных расчислений. По размеру отолига первого года жизни и характеру приростов, используя схему, можно предположить место рождения рыбы.

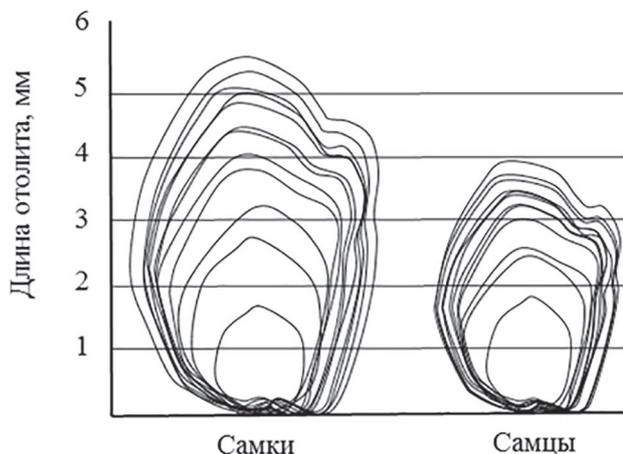


Рис. 5. Схемы роста одновозрастных отолитов полярной камбалы

Fig. 5. Schemes of even-aged otoliths growth of the Arctic flounder

Данная методика позволяет:

- сравнивать скорость роста отолитов у самцов и самок, в том числе у рыб, имеющих выраженный половой диморфизм;
- сравнивать скорость роста отолитов рыб в различных местах обитания любых размеров, от рыбопромысловых участков до заливов и морей;
- предположить пространственную принадлежность рыбы к тому или иному району, что может иметь важное значение для выявления популяционных группировок или собственно структуры популяции вида.

Статистическая обработка данных подтвердила достоверные различия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ в длине отолитов особей полярной камбалы для всех возрастных групп во всех исследованных районах. Расчетное значение «хи-квадрат» для самок составило 0,0613, табличное значение – 28,869; для самцов – 0,2128 и 32,671 соответственно.

Заключение

Схемы роста можно использовать для наглядного сравнения темпа роста отолитов как одного из методов изучения роста рыб по результатам отолитометрии. Метод можно рекомендовать для изучения роста отолитов других видов рыб. Фотографирование, измерение отолитов, статистическую обработку можно выполнять с применением любой цифровой аппаратуры и программного обеспечения, в том числе MS Excel.

Литература

Андрияшев А. П., Чернова Н. В. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. 1994. Т. 34, № 4. С. 435–456.

Апс Р. А. Анализ строения отолитов балтийского шпрота как метод изучения его экологии: дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1981. 16 с.

Баранова Т. Д., Бернер М. Сравнительные результаты изучения структуры отолитов трески из различных районов Балтики // Fischerei-Forschung. 1984. № 3. С. 59–67.

Брюзгин В. Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. Киев: Наукова думка, 1969. 187 с.

Винников А. В., Давыденко В. А. К вопросу о популяционной структуре тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) прикамчатских и сопредельных вод по результатам отолитометрии // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 1998. Вып. 4. С. 33–38.

Вышегородцев А. А. Краткий словарь ихтиолога. Красноярск: КрасГУ, 2002. 230 с.

Дгебуадзе Ю. Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука, 2001. 276 с.

Есипов В. К. Полярная камбала (*Liopsetta glacialis*) // Описание к Атласу промысловых рыб СССР. М.: Пищепромиздат, 1949. С. 730–732.

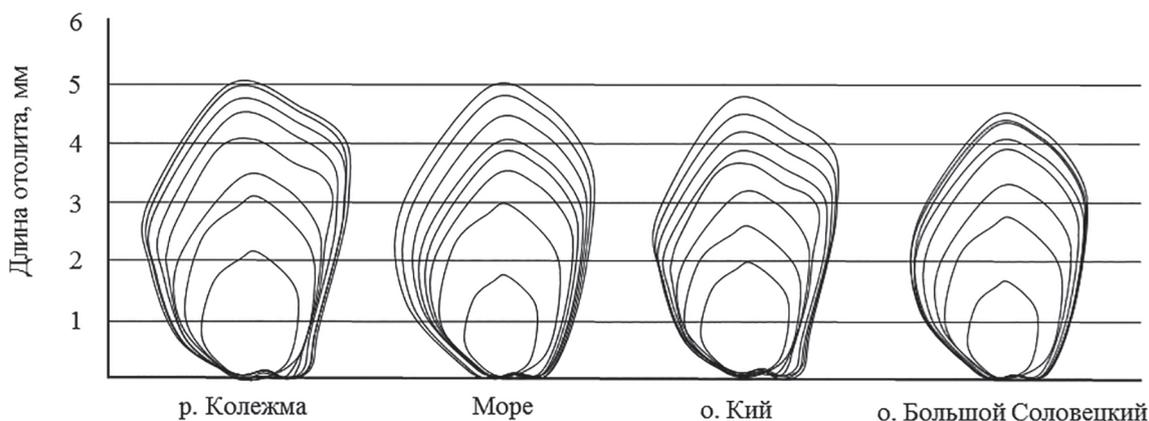


Рис. 6. Схема роста отолитов самок полярной камбалы в Белом море по районам

Fig. 6. The otolith growth pattern in females of the Arctic flounder in the White Sea by areas

Ефанов В. Н., Хоревин Л. Д. О возможности дифференциации популяций горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) по размерам ее отоликов // Вопросы ихтиологии. 1979. Т. 19, № 4. С. 734–737.

Зубова Е. М., Кашулин Н. А., Терентьев П. М. К методике расчисления темпа роста сига *Coregonus lavaretus* (L.) водоемов Северной Фенноскандии // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 9. С. 78–89. doi: 10.17076/lim387

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. Мурманск: ПИНРО, 2001. 290 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

Легенская С. А. Возможности использования отолиметрии для выяснения популяционной структуры наваги // Известия ТИНРО. 1999. Т. 126. С. 271–275.

Лелесевич Н. А. Морфометрические характеристики различных типов отоликов северо-восточной арктической трески // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: тез. докл. междунар. науч. конф. / ММБИ КНЦ РАН. Апатиты, 2010. С. 132–134.

Мина М. В. Исследование зависимости между весом отолика (*sagitta*) и длиной особи в популяциях трески Баренцева и Белого морей // Биологические науки. 1967. Вып. 9(45). С. 26–31.

Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных (анализ на уровне организма). М., 1976. 292 с.

Мягих К. А., Коростелев С. Г. Оценка морфологических различий двухлинейной камбалы из Кроноцкого и Авачинского заливов методом отолиметрии // Тезисы докл. Всерос. конф. молодых ученых. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. С. 37–38.

Орлов А. М., Афанасьев П. К. Отолиметрия как инструмент анализа популяционной структуры тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) // Амурский зоологический журнал. 2013. Вып. 3. С. 327–331.

Пащенко В. М., Грицай Е. В. Географическая изменчивость морфологических признаков отоликов минтая // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 304–311.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 376 с.

Урбах Ю. В. Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.

Фукс Г. В. Зависимость длины отолика от длины тела беломорской сельди (*Clupea pallasii marisalsbi*) // Арктика: экология и экономика. 2013. № 4. С. 81–83.

Фукс Г. В. Зависимость длины отолика от длины тела и возраста полярной камбалы *Liopsetta glacialis* юго-восточной части Баренцева моря // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, к 145-летию Севастопольской биостанции. Севастополь, 2016. Т. 1. С. 320–322.

Фукс Г. В. Краткие результаты отолиметрии полярной камбалы Белого моря // Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов Бе-

лого моря: Материалы XIII Всерос. конф. с междунар. участием, к 60-летию Беломорской биостанции «Мыс Картеш» ЗИН РАН. СПб., 2017. С. 224–228.

Фукс Г. В. Результаты отолиметрии полярной камбалы Карской губы Карского моря // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2018. С. 201–206.

Фукс Г. В. Результаты отолиметрии речной камбалы дельты р. Северная Двина // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Тр. 2-й междунар. науч.-практ. конф. Калининград: КГТУ, 2014. С. 63–66.

Фукс Г. В., Семушин А. В. Максимальный возраст полярной камбалы *Liopsetta glacialis*, речной камбалы *Platichthys flesus* и ершоватки *Limanda limanda* в прибрежных водах Северного рыбохозяйственного бассейна // Изв. КГТУ. 2017. № 46. С. 47–59.

Фукс Г. В., Шилова Н. А. Применение методов математического моделирования для изучения роста полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) Белого моря // Arctic Environ. Res. 2017. Vol. 17, no. 2. P. 123–132. doi: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.2.123

Чешева Э. А., Зимин А. В. Использование отолиметрии для выяснения популяционной структуры круглоног сардинеллы *Sardinella aurita* (Clupeidae) центрально-восточной Атлантики // Вопросы ихтиологии. 2004. Т. 44, № 5. С. 669–673.

Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: АН СССР, 1959. 164 с.

Шибанов С. В. Методы рыбохозяйственных исследований. Калининград, 1996. 27 с.

Шибанов С. В. Промысловая ихтиология. СПб.: Проспект науки, 2007. 400 с.

Aydin R., Calt M., Dursun S., Coban M. Z. Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Keban Dam Lake // Pakistan J. Biol. Sci. 2004. Vol. 7(9). P. 1550–1533. doi: 10.3923/pjbs.2004.1550.1553

Begg G. A., Brown R. W. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis // Trans. Am. Fish. Soc. 2000. Vol. 129, no. 4. P. 935–945.

Begg G. A., Overholtz W. J., Munroe N. J. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank // Fish. Bull. 2001. Vol. 99, no. 1. P. 1–14.

Battaglia P., Malara D., Romeo T., Andaloro F. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy) // Scientia Marina. 2010. Vol. 74(3). P. 605–612. doi: 10.3989/scimar.2010.74n3605

Campana S. E., Thorrold S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? // Can. J. Fish Aquat. Sci. 2001. Vol. 58. P. 30–38.

Castonguay M., Simard P., Gagnon P. Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1991. Vol. 48, no. 2. P. 296–302.

Dehghani M., Kamrani E., Salarpour A., Kamali E. Relationship between fish length and otolith dimensions

(length, width) and otolith weight of *Sardinella sindensis*, as index for environmental studies, Persian Gulf, Iran // J. Fisheries Livest. Prod. 2015. Vol. 3(2). P. 1–5. doi: 10.4172/2332-2608.1000134

Friedland K. D., Reddin D. G. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1994. Vol. 51, no. 1. P. 91–98.

Gerard T. L., Malca E. Silver nitrate staining improves visual analysis of daily otolith increments // J. Am. Sci. 2011. Vol. 7(1). P. 120–124.

Harvey J. T., Loughlin T. R., Perez M. A., Oxman D. S. Relationship between Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean // NOAA Tech. Rep. NMFS. 2000. Vol. 150. 38 p.

ICES. Recruitment studies: Manual on precision and accuracy of tools. ICES Tech. Mar. Environ. Sci. 2004. Vol. 33. P. 38.

Jónsdóttir I. G., Campana S. E., Marteinsdóttir G. Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) // ICES J. Mar. Sci. 2006. Vol. 63. P. 1501–1512.

Mecklenburg C. W., Lynghammar A., Johannesen E., Byrkjedal I., Christiansen J. S., Dolgov A. V., Karamushko O. V., Mecklenburg T. A., Møller P. R., Steinke D., Wienerroither R. M. Marine fishes of the Arctic Region // Akureyri, Iceland, 2018. Vol. I. P. 1–454; vol. II. P. 455–739.

McFarlane G., Schweigert J., Hodes V., Detering J. Preliminary study on the use of polished otoliths in the age determination of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in British Columbia waters // Calif Coop. Ocean. Fish. Inv. Rep. 2010. Vol. 51. P. 162–168.

Mendoza R. P. R. Otoliths and their applications in fishery science // Ribarstvo. 2006. Vol. 64(3). P. 89–102.

Messieh S. N. Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent

waters // J. Fish. Res. Board Can. 1972. Vol. 29, no. 8. P. 1113–1118.

Orlov A. M., Abramov A. A., Stolyarova E. V. Use of otolithometry to determine Asian shorttraker rockfish population structure // Biology, Assessment, and Management of North Pacific Rockfishes. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-07–01. 2007. P. 207–221.

Stransky C., Murta A. G., Schlickeisen J., Zimmermann C. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean // Fish. Res. 2008. Vol. 89. P. 159–166.

Seyfabadi J., Afshari M., Valinassab T. Note otolith morphology and body size relationships of *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) in the northern Oman Sea // Indian J. Fish. 2014. Vol. 61(2). P. 112–117.

Svetocheva O., Stasenkov N., Fooks G. Guide to the bony fishes otoliths of the White Sea // IMR/PIN-RO Joint Rept. Ser. 2007. No. 3. 46 p.

Templemana W., Squires H. J. Relationship of otolith lengths and weights in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), to the growth of the fish // J. Fish. Res. Board Can. 1956. Vol. 13. P. 467–487.

Trouth G. C. Otolith growth of the Barents Sea cod // Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 1954. Vol. 150. P. 297–299.

Yaremko M. L. Age determination in Pacific sardine, *Sardinops sagax* // NOAA Tech Memo NMFS. 1996. 596 p.

Zan X. X., Zhang C., Xu B. D., Zhang C. L. Relationships between fish size and otolith measurements for 33 fish species caught by bottom trawl in Haizhou Bay China // J. Appl. Ichthyol. 2015. Vol. 31(3). P. 544–548. doi: 10.1111/jai.12751

Поступила в редакцию 27.08.2019

References

Andriyashev A. P., Chernova N. V. Annotirovannyi spisok ryboobraznykh i ryb morei Arktiki i sopredel'nykh vod [Annotated list of fish and fishes of the Arctic seas and adjacent waters]. *Voprosy ikhtiologii* [J. Ichthyology]. 1994. Vol. 34, no. 4. P. 435–456.

Aps R. A. Analiz stroeniya otolitov baltiiskogo shprotakak metod izucheniya ego ekologii [Analysis of the structure of the Baltic sprat otoliths as a method of studying its ecology]: DSc (Dr. of Biol.) thesis. Tartu, 1981. 16 p.

Baranova T. D., Berner M. Sravnitel'nye rezul'taty izucheniya struktury otolitov treski iz razlichnykh raionov Baltiki [Comparative results of the study of the structure of cod otoliths from different regions of the Baltic Sea]. *Fischerei-Forschung*. 1984. No. 3. P. 59–67.

Bryuzgin V. L. Metody izucheniya rosta ryb po cheshue, kostyam i otolitam [Techniques for studying growth in fish based on scales, bones and otoliths]. Kiev: Naukova dumka, 187 p.

Chugunova N. I. Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb [Guide to the study of age and growth of fish]. Moscow: AN SSSR, 1959. 164 p.

Dgebudze Yu. Yu. Ekologicheskie zakonomernosti izmenchivosti rosta ryb [Ecological regularities of fish growth variability]. Moscow: Nauka, 2001. 276 p.

Efanov V. N., Khorevin L. D. O vozmozhnosti differentsiatsii populyatsii gorbushi *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) po razmeram ee otolitov [On the possibility of differentiation of populations of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) the size of its otoliths]. *Voprosy ikhtiologii* [J. Ichthyology]. 1979. Vol. 19, no. 4. P. 734–737.

Esipov V. K. Polyarnaya kambala (*Liopsetta glacialis*) [Arctic flounder]. *Opisanie k Atlasu promyslovykh ryb SSSR* [Description to the Atlas of commercial fish of the USSR]. Moscow: Pishchepromizdat, 1949. P. 730–732.

Fuks G. V. Zavisimost' dliny otolita ot dliny tela belomorskoi sel'di (*Clupea pallasii marisalbi*) [Dependence of the length of otolith on the body length of White Sea herring (*Clupea pallasii marisalbi*)]. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [The Arctic: Ecology and Economy]. 2013. No. 4. P. 81–83.

Fuks G. V. Zavisimost' dliny otolita ot dliny tela i vozrasta polyarnoi kambaly *Liopsetta glacialis* yugo-vostochnoi chastei Barentseva morya [The dependence of the length of the otolith on the body length and age of the Arctic flounder *Liopsetta glacialis* of the southeastern Barents Sea]. *Morskoe biol. issled.: dostizheniya i perspektivy. Sb. mat. Vseross. naucho-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, k 145-letiyu Sevastopol'skoi*

biol. stantsii [Sea biol. research: progress and prospects. Proceed. All-Russ. sci. pract. conf. with int. part. dedicated to 145th anniv. Sevastopol biol. station]. Sevastopol'. 2016. Vol. 1. P. 320–322.

Fuks G. V. Kratkie rezul'taty otolitometrii polyarnoi kambaly Belogo morya [Brief results of otolithometry of the polar flounder in the White Sea]. *Izuch., ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana prirod. resursov Belogo morya: Mat. XIII Vseros. konf. s mezhdunar. uch., k 60-letiyu Belomorskoj biostantsii "Mys Kartesh" ZIN RAN* [Study, rational use and protection of natural resources of the White Sea: Proceed. XIII All-Russ. conf. with int. part. dedicated the 60th anniv. of the White Sea biostation 'Cape Kartesh', ZIN RAS]. SPb., 2017. P. 224–228.

Fuks G. V. Rezul'taty otolitometrii polyarnoi kambaly Karskoi guby Karskogo moray [The results of otolithometry of the polar flounder of the Kara Bay of the Kara Sea]. *Aktual'nye probl. osvoeniya biol. resursov mirovogo okeana: Mat. V Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Topical problems of biological resources development of the oceans: Proceed. V Int. sci. and tech. conf.]. Vladivostok, 2018. P. 201–206.

Fuks G. V. Rezul'taty otolitometrii rechnoi kambaly del'ty r. Severnaya Dvina [The results of otolithometry of the river flounder of the delta r. Severnaya Dvina]. *Vodnye bioresursy, akvakul'tura i ekol. vodoemov: Tr. 2-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of reservoirs: Proceed. 2nd int. scientific-pract. conf.]. Kaliningrad: KGTU, 2014. P. 63–66.

Fuks G. V., Semushin A. V. Maksimal'nyi vozrast polyarnoi kambaly *Liopsetta glacialis*, rechnoi kambaly *Platichthys flesus* i ershovatki *Limanda limanda* v pribrezhnykh vodakh Severnogo rybokhozyaistvennogo basseina [Maximum age of Arctic flounder *Liopsetta glacialis*, European flounder *Platichthys flesus* and dab *Limanda limanda* in the coastal waters of the Northern fishery basin]. *Izv. Kaliningr. gos. tekhn. un-ta* [Proceed. KSTU]. 2017. No. 46. P. 47–59.

Fuks G. V., Shilova N. A. Primenenie metodov matematicheskogo modelirovaniya dlya izucheniya rosta polyarnoi kambaly (*Liopsetta glacialis*) Belogo morya [Application of methods of mathematical modeling for studying the growth of Arctic flounder (*Liopsetta glacialis*) in the White Sea]. *Arctic Envir. Res.* 2017. Vol. 17, no. 2. P. 123–132. doi: 10.17238/issn2541–8416.2017.17.2.123

Instruktsii i metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke biologicheskoi informatsii v raionakh issledovaniya PINRO [Instructions and guidelines for the collection and processing of biological information in PINRO research areas]. Murmansk: PINRO, 2001. 290 p.

Lakin G. F. Biometriya [Biometrics]. A study guide for biology students. 4th ed., updated and revised. Moscow: Vyssh. shkola, 1990. 352 p.

Legen'kaya S. A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya otolitometrii dlya vyyasneniya populyatsionnoi struktury navagi [The possibility of using otolithometry to determine the population structure of navaga]. *Izv. TINRO* [Proceed. Pacific Branch of the Russ. Federal Research Inst. of Fisheries and Oceanography (TINRO)]. 1999. Vol. 126. P. 271–275.

Lepesevich N. A. Morfometricheskie kharakteristiki razlichnykh tipov otolitov severo-vostochnoi arkticheskoi treski [Morphometric characteristics of different types

of otoliths of the North-Eastern Arctic cod]. *Priroda morskoi Arktiki: sovr. vyzovy i rol' nauki: tez. dokl. Mezhdunar. nauch. konf.* [Nature of the marine Arctic: Current challenges and the role of science. Abs. int. conf.]. Apacity: KNTs RAN, 2010. P. 132–134.

Mina M. V. Issledovanie zavisimosti mezhdu vesom otolita (sagitta) i dlinoi osobi v populyatsiyakh treski Barentseva i Belogo morei [The dependence between the weight of otolith (sagitta) and the length of the individual in the cod population of the Barents and White Seas]. *Biol. nauki* [Biol. Sci.]. 1967. Iss. 9(45). P. 26–31.

Mina M. V., Klevezal' G. A. Rost zhivotnykh (analiz na urovne organizma) [The animals' growth (analysis on the level of the body)]. Moscow, 1976. 292 p.

Myagkikh K. A., Korostelev S. G. Otsenka morfologicheskikh razlichii dvukhlineinoi kambaly iz Kronotskogo i Avachinskogo zalivov metodom otolitometrii [Assessment of morphological differences of the bilinear flounder from the Kronotsky and Avachinsky Gulfs with the use of the otolithometry method]. *Tez. dokl. Vseros. konf. molod. uchenykh* [Abs. All-Russ. conf. of young scientists]. Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001. P. 37–38.

Orlov A. M., Afanas'ev P. K. Otolitometriya kak instrument analiza populyatsionnoi struktury tikhookeanskoj treski *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) [Otolithometry as a tool for analysis of population structure of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei)]. *Amurskii zool. zhurn.* [The Amurian Zool. J.]. 2013. Iss. 3. P. 327–331.

Pashchenko V. M., Gritsai E. V. Geograficheskaya izmenchivost' morfologicheskikh priznakov otolitov mintaya [Geographical variability of morphological features of the otolith of the Alaska Pollock]. *Izvestiya TINRO* [Proceed. Pacific Branch of the Russ. Federal Research Inst. of Fisheries and Oceanography (TINRO)]. 2001. Vol. 128. P. 304–311.

Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Fish study guide]. Moscow: Pishch. prom., 1966. 376 p.

Shibaev S. V. Metody rybokhozyaistvennykh issledovaniy [Methods of fisheries research]. Kaliningrad, 1996. 27 p.

Shibaev S. V. Promyslovaya ikhtiologiya [Industrial ichthyology]. St. Petersburg: Prospekt nauki, 2007. 400 p.

Urbakh Yu. V. Biometricheskie metody [Biometric methods]. Moscow: Nauka, 1964. 415 p.

Vinnikov A. V., Davydenko V. A. K voprosu o populyatsionnoi struktury tikhookeanskoj treski *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) prikamchatskikh i sopredel'nykh vod po rezul'tatam otolitometrii [To the question of population structure of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) in the Kamchatka and adjacent waters according to the results of otolithometry]. *Issled. biol. i dinamiki chislennosti promyslovykh ryb Kamchatskogo shel'fa* [Study of biol. and population dynamics of commercial fish of the Kamchatka shelf]. Petropavlovsk-Kamchatskii: KamchatNIRO, 1998. Iss. 4. P. 33–38.

Vyshegorodtsev A. A. Kratkii slovar' ikhtiologa [A brief dictionary of the ichthyologist]. Krasnoyarsk: KrasGU, 2002. 230 p.

Zubova E. M., Kashulin N. A., Terent'ev P. M. K metodike raschisleniya tempa rosta siga *Coregonus lavaretus* (L.) vodoemov severnoi Fennoskandii [To the method

of growth rate back-calculation of whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) in reservoirs of Northern Fennoscandia]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2016. No. 9. P. 78–89. doi: 10.17076/lim387

Aydin R., Calta M., Dursun S., Coban M. Z. Relationships between fish lengths and otolith length in the population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Keban Dam Lake. *Pakistan J. Biol. Sci.* 2004. Vol. 7(9). P. 1550–1533. doi: 10.3923/pjbs.2004.1550.1553

Begg G. A., Brown R. W. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Trans. Am. Fish. Soc.* 2000. Vol. 129, no. 4. P. 935–945.

Begg G. A., Overholtz W. J., Munroe N. J. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. *Fish. Bull.* 2001. Vol. 99, no. 1. P. 1–14.

Battaglia P., Malara D., Romeo T., Andaloro F. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Scientia Marina*. 2010. Vol. 74(3). P. 605–612. doi: 10.3989/scimar.2010.74n3605

Campana S. E., Thorold S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2001. Vol. 58. P. 30–38.

Castonguay M., Simard P., Gagnon P. Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1991. Vol. 48, no. 2. P. 296–302.

Dehghani M., Kamrani E., Salarpouri A., Kamali E. Relationship between fish length and otolith dimensions (length, width) and otolith weight of *Sardinella sindensis*, as index for environmental studies, Persian Gulf, Iran. *J. Fish. Livestock Prod.* 2015. Vol. 3(2). P. 1–5. doi: 10.4172/2332–2608.1000134

Friedland K. D., Reddin D. G. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmosalar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1994. Vol. 51, no. 1. P. 91–98.

Gerard T. L., Malca E. Silver nitrate staining improves visual analysis of daily otolith increments. *J. Am. Sci.* 2011. Vol. 7(1). P. 120–124.

Harvey J. T., Loughlin T. R., Perez M. A., Oxman D. S. Relationship between Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean. *NOAA Tech. Rep. NMFS*. 2000. Vol. 150. 38 p.

ICES. Recruitment studies: Manual on precision and accuracy of tools. *ICES Tech. Mar. Environ. Sci.* 2004. Vol. 33. P. 38.

Jónsdóttir I. G., Campana S. E., Marteinsdóttir G. Otolith shape and temporal stability of spawning groups

of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES J. Mar. Sci.* 2006. Vol. 63. P. 1501–1512.

Mecklenburg C. W., Lynghammar A., Johannesen E., Byrkjedal I., Christiansen J. S., Dolgov A. V., Karamushko O. V., Mecklenburg T. A., Møller P. R., Steinke D., Wienerroither R. M. Marine fishes of the Arctic Region. Akureyri, Iceland, 2018. Vol. I. P. 1–454; vol. II. P. 455–739.

McFarlane G., Schweigert J., Hodes V., Detering J. Preliminary study on the use of polished otoliths in the age determination of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in British Columbia waters. *Calif Coop. Ocean. Fish. Invest Rep.* 2010. Vol. 51. P. 162–168.

Mendoza R. P. R. Otoliths and their applications in fishery science. *Ribarstvo*. 2006. Vol. 64(3). P. 89–102.

Messiah S. N. Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 1972. Vol. 29, no. 8. P. 1113–1118.

Orlov A. M., Abramov A. A., Stolyarova E. V. Use of otolithometry to determine Asian shorttraker rockfish population structure. *Biology, Assessment, and Management of North Pacific Rockfishes. Alaska Sea Grant College Program*. AK-SG-07–01. 2007. P. 207–221.

Seyfabadi J., Afshari M., Valinassab T. Note otolith morphology and body size relationships of *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) in the northern Oman Sea. *Indian J. Fish.* 2014. Vol. 61(2). P. 112–117.

Stransky C., Murta A. G., Schlickeisen J., Zimmermann C. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fish. Res.* 2008. Vol. 89. P. 159–166.

Svetocheva O., Stasenkova N., Fooks G. Guide to the bony fishes otoliths of the White Sea. *IMR/PINRO Joint Rept. Ser.* 2007. No. 3. 46 p.

Templemana W., Squires H. J. Relationship of otolith lengths and weights in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), to the growth of the fish. *J. Fish. Res. Board. Can.* 1956. Vol. 13. P. 467–487.

Trouth G. C. Otolith growth of the Barents Sea cod. *Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 1954. Vol. 150. P. 297–299.

Yaremko M. L. Age determination in Pacific sardine, *Sardinops sagax*. *NOAA Tech Memo NMFS*. 1996. 596 p.

Zan X. X., Zhang C., Xu B. D., Zhang C. L. Relationships between fish size and otolith measurements for 33 fish species caught by bottom trawl in Haizhou Bay China. *J. Appl. Ichthyol.* 2015. Vol. 31(3). P. 544–548. doi: 10.1111/jai.12751

Received August 27, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Фукс Геннадий Валериевич

старший специалист
Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
ул. Урицкого, 17, Архангельск, Россия, 163002
эл. почта: fuks@pinro.ru
тел.: (8182) 633837

CONTRIBUTOR:

Fuks, Gennady

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Polar Branch
17 Uritskogo St., 163002 Arkhangelsk, Russia
e-mail: fuks@pinro.ru
tel.: (8182) 633837