

УДК 597.562–113.4.08:591.488.5(268.43)

**Особенности образования элементов (годового кольца и летней зоны роста) на отолитах путассу**

Т.А. Прохорова, А.А. Пронюк

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ФГБНУ «ПИНРО», г. Мурманск)  
e-mail: alice@pinro.ru

При определении возраста по отолитам важно правильно интерпретировать их последний элемент. В первую очередь это касается гиалинового кольца по краю отолита у рыб, выловленных летом. В работе использованы данные биологических проб путассу (*Micromesistius poutassou*), собранных в 2012 г. Анализировались пробы, собиравшиеся ежемесячно с марта по ноябрь. Рассмотрены морфологические и физиологические особенности образования элементов отолита. Проанализированы участки прироста и закладки зимнего (годового) кольца на отолитах путассу. Выяснено, что верхний и нижний края отолита плохо подходят для определения возраста. Элементы отолита (летняя зона роста и зимнее кольцо) вначале образуются по заднему краю отолита, затем по переднему. Начало роста путассу в 2012 г. было отмечено уже в марте. Начало образования годового кольца текущего года на отолитах путассу в 2012 г. началось в августе. Не установлено выраженных зависимостей образования годового кольца по краю отолита от жирности и наполнения желудка. При определении возраста путассу нужно учитывать форму отолита и особенности годового кольца.

**Ключевые слова:** путассу *Micromesistius poutassou*, отолиты, прирост, годовое кольцо, летняя зона роста, жирность, питание, Норвежское море.

**ВВЕДЕНИЕ**

Путассу *Micromesistius poutassou* (Risso, 1827) — преимущественно бореальный атлантический нерито-пелагический промысловый вид [Андрияшев, Чернова, 1994; Mecklenburg et al., 2011]. Путассу широко распространена в Северной Атлантике: вдоль побережья Европы от западной части Средиземного моря и Испании до Баренцева моря, у Исландии, Гренландии и о. Ян-Майен [Долгов, 2011]. В пределах ареала вида выделяют четыре популяции: средиземноморскую, западно-атлантическую, бискайскую и гебридо-норвежскую [Зиланов, 1984]. Гебридо-норвежская попу-

ляция путассу в настоящее время является наиболее многочисленной. Район нереста путассу в Северо-Восточной Атлантике расположен к западу от Британских островов. Нерест вида растянут и проходит с середины февраля до июня, с максимальной интенсивностью в марте—апреле [Беликов, Шевченко, 1990; Belikov, 1986].

Правильное определение возраста путассу необходимо для построения популяционной модели, которое положено в основу управления запасом. При определении возраста по отолитам очень важно правильно интерпретировать их последний элемент. В первую очередь это

касается гиалинового кольца по краю отоли- та у рыб, выловленных летом. В одних слу- чаях гиалиновое кольцо по краю может быть зимним (годовым) кольцом предыдущего года (рост особи в текущем году не начался), в дру- гих — текущего (рост особи закончен).

Некоторые исследователи предлагают искусственную схему интерпретации элемен- тов: для рыб, для которых дата рождения принята 1 января, гиалиновое кольцо по краю в период с 1 января по 30 июня интерпрети- руется как годовое кольцо предыдущего года, в период с 1 июля по 31 января — как годовое кольцо текущего года. По такой схеме, напри- мер, определяют возраст рыб рода барабули (*Mullus*).

Для путассу существует адаптированная схема, в которой учитывается особенность ро- ста половозрелых и неполовозрелых особей, так как рост молодых особей путассу может начинаться в отдельные годы в марте—апреле (рис. 1) [Анон, 2013].

С одной стороны, такая схема упрощает си- стему определения возраста, так как все специ- алисты, определяющие возраст особей данного вида, будут интерпретировать кольцо по краю отоли- та одинаковым образом. С другой сторо- ны, схема не учитывает межгодовых особен- ностей роста особей. В некоторые годы рост особи начинается позже, например в июле. Та- ким образом, гиалиновая зона по краю отоли- та в начале июля будет представлять собой годо- вое кольцо предыдущего года, в то время как по схеме, — текущего.

Таким образом, возникает вопрос об уточ- нении методики определения возраста путас- су, возможно, с использованием данных, ка-

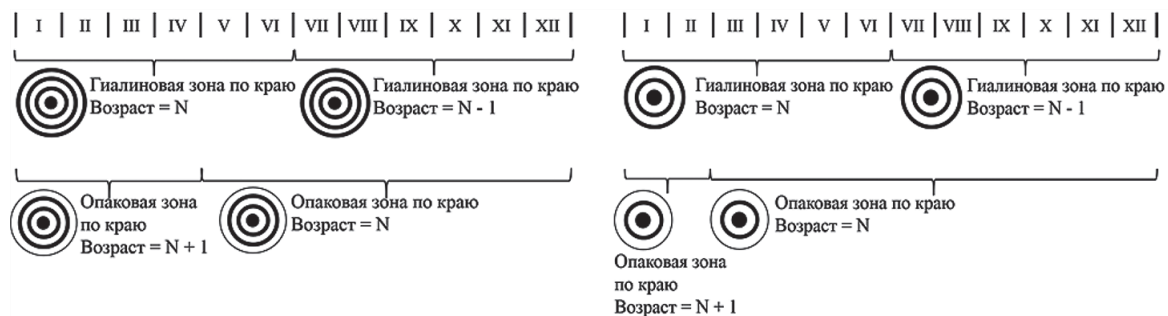
сающихся биологических особенностей рыбы. Аналогичные работы были проведены по че- шуе и отоли-там норвежской весенненересту- ющей сельди [Соловьева, 1938; Прохорова, 2010]. Было выяснено, что фактором, опреде- ляющим начало роста регистрирующих струк- тур сельди, является возобновление питания после зимовки и нереста. Фактор, определя- ющий образование годового кольца, — нако- пление достаточного количества жира в период нагула, что ведёт к прекращению питания.

Для уточнения методики интерпретации гиалинового кольца по краю отоли-та необхо- димо рассмотреть морфологические особен- ности формирования элементов на отоли- те путассу. Кроме того, необходимо выяснить физиологические факторы, определяющие образование элементов. Для этого требует- ся проанализировать годовой цикл накопле- ния и расходования жира (по массе печени), а также цикл питания (наполнения желудков) отдельных особей. Так, при определении воз- раста при необходимости можно будет исполь- зовать дополнительные параметры, например наполнение желудка.

Целью предлагаемой работы является из- учение морфологических и физиологических особенностей формирования элементов отоли- та (годового кольца и летней зоны роста) пу- тассу.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные биологи- ческих проб путассу, собранных в 2012 г. Для более полного охвата всего цикла образования годового кольца анализировались пробы, соби- равшиеся ежемесячно с марта по ноябрь. Всего



**Рис. 1.** Искусственная схема интерпретации годовых колец для половозрелой (слева) и неполовозрелой (справа) путассу (I—XII — месяцы, N — количество гиалиновых зон отоли-та)

были просмотрены отолиты 1009 экземпляров путассу.

Отолиты путассу предварительно выдерживались в воде в течение 1 суток для просветления. Возраст особи определялся под биноклем при 8-кратном увеличении. Для каждого отолита определялись особенности начала прироста текущего года (для проб, собранных в период с марта по июль) или особенности закладки зимнего кольца (для проб, собранных в период с августа по ноябрь). Под особенностями закладки подразумевается состояние элемента (отсутствие, начало формирования, полностью сформирован), которое

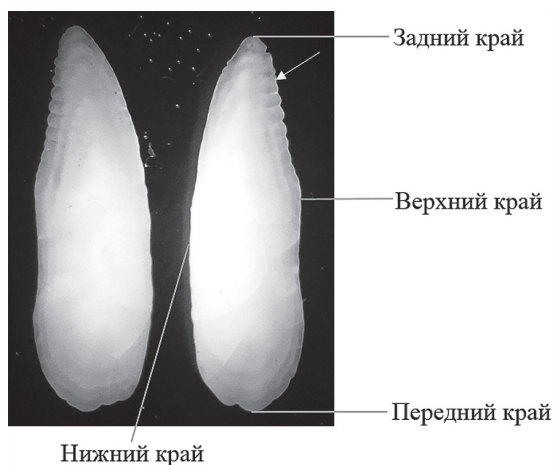
определялось по переднему, заднему, верхнему и нижнему краям отолита (рис. 2).

При взятии возрастной пробы путассу на борту судна выполнялись визуальный анализ степени наполнения желудка и взвешивание печени. Наполнение желудка определялось по шкале от 0 (пища в желудке отсутствует) до 4 баллов [Изучение экосистем..., 2004]. Показателем жирности особи служил гепатосоматический индекс (ГПСИ), т. е. отношение массы печени к массе рыбы, выраженное в процентах.

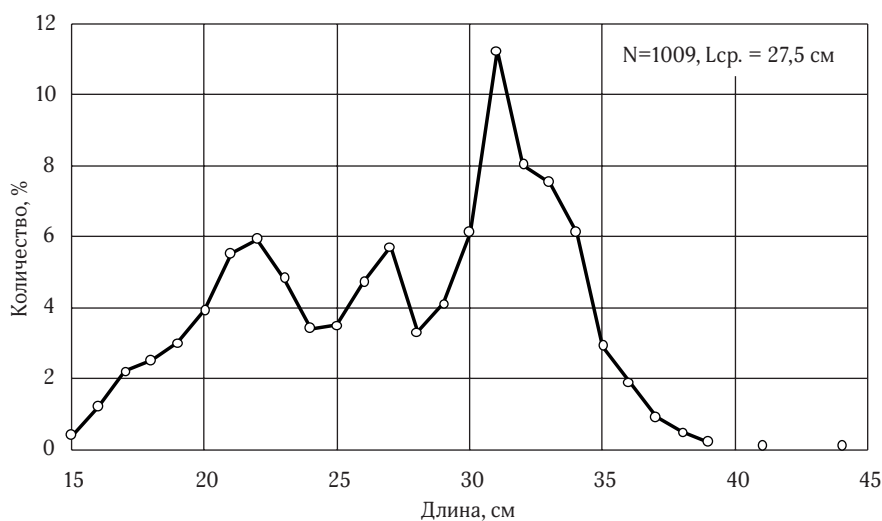
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Размерно-возрастной состав проанализированных особей.** Длина проанализированных рыб составила 15–45 см, средняя длина — 27,5 см (рис. 3). Возраст особей был 0–11 лет, преобладали экземпляры в возрасте 1–3 года (поколения 2011–2009 гг.) и 6–8 лет (поколения 2006–2004 гг.) (рис. 4).

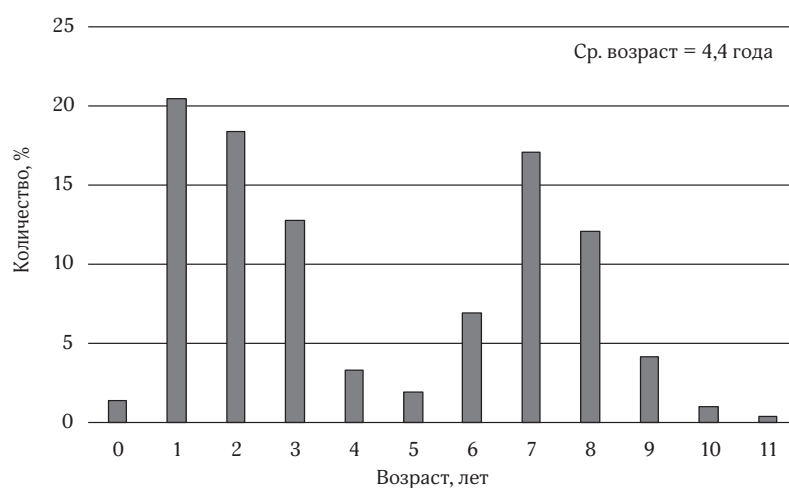
**Морфологические особенности начала прироста и образования годового кольца на отолитах.** Рассмотрены особенности образования элементов на разных краях отолита. Выяснено, что верхний и нижний края плохо подходят для определения возраста путассу. Так, в 36,1% случаев невозможно было определить возраст по верхнему краю отолита, а в 48,4% случаев — по нижнему, вне зависимости от



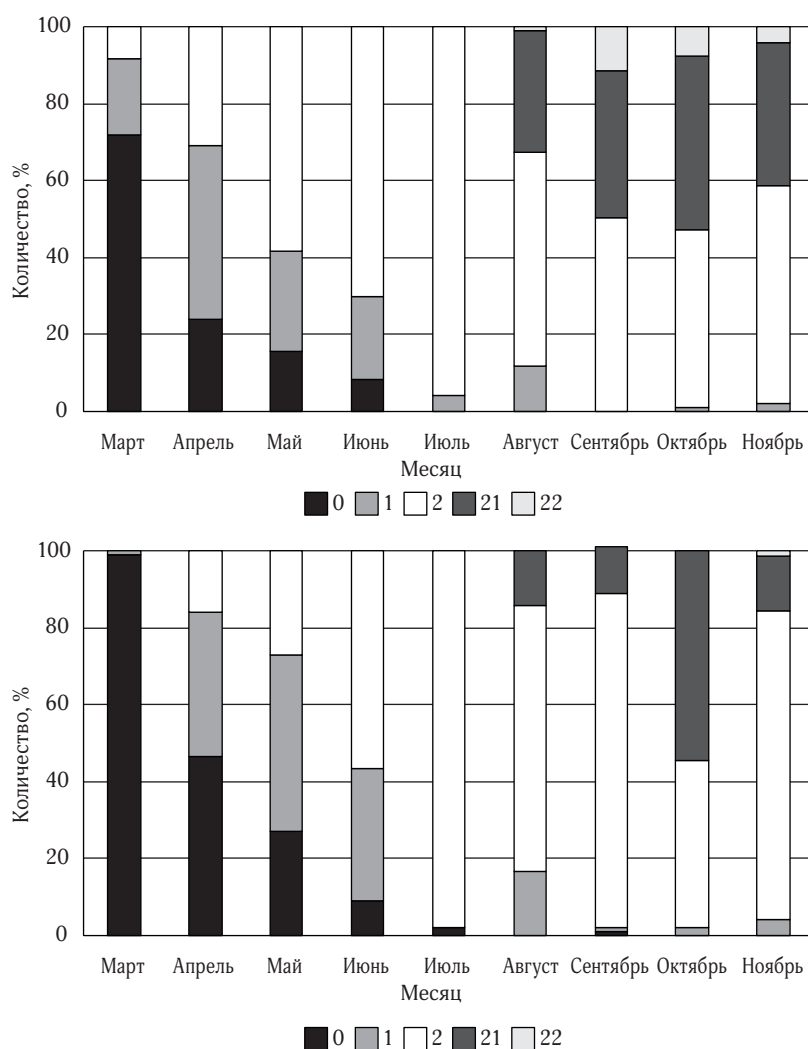
**Рис. 2.** Части отолита путассу, на которых определялось состояние исследуемых элементов (стрелкой указана часть отолита, используемая для определения возраста)



**Рис. 3.** Размерный состав проанализированных особей



**Рис. 4.** Возрастной состав проанализированных особей



**Рис. 5.** Формирование элементов по заднему (вверху) и переднему (внизу) краям отолита путассу

0 — прирост не начался (по краю — годовое кольцо предыдущего года); 1 — начало прироста; 2 — прирост сформирован; 21 — начало образования годового кольца текущего года; 22 — годовое кольцо текущего года сформировано

возраста особи. Кроме того, у 20,0% рыб вызвала затруднение интерпретация колец по переднему краю отолита, однако это касается только особей старше 6 лет. У всех просмотренных отолитов возраст хорошо определялся по их заднему краю.

Как зимнее кольцо, так и летнее вначале образуется по заднему краю отолита, затем по переднему (рис. 5). Например, в марте началось прироста текущего года было отмечено по заднему краю отолита у 19,8%, по переднему краю — у 1,0% особей. Более того, у 8,3% экземпляров, выловленных в марте, на заднем крае отолита прирост был уже сформирован. В августе у 31,7% путассу по заднему краю отолита наблюдалось начало образования зимнего кольца текущего года, у 0,8% зимнее кольцо текущего года было сформировано. В то же время начало образования зимнего кольца по переднему краю отолита было обнаружено у 14,3% рыб (рис. 5).

Таким образом, все элементы вначале формируются по заднему краю отолита. По этой причине в дальнейшем для анализа будет использоваться только задний край отолита.

Начало роста путассу в 2012 г. было отмечено уже в марте. У 19,8% особей на отолитах было обнаружено начало образования летней зоны роста, у 8,3% прирост был хорошо выражен (рис. 5). В июле почти все исследованные особи (95,8%) имели на отолитах сформированную летнюю зону роста.

Начало образования годового кольца текущего года на отолитах путассу в 2012 г. нача-

лось в августе. В это время оно наблюдалось по краю отолита у трети проанализированных особей (31,7%) (рис. 5).

**Наполнение желудка и гепатосоматический индекс.** Наполнение желудка путассу было минимальным в марте (средний балл наполнения — 0,2 балла, 88,7% особей не питались) (рис. 6, 7). На рисунке 7 видно увеличение как наполнения желудка, так и ГПСИ в июле. Это связано с тем, что в пробах путассу, взятых в июле, преобладали молодые особи в возрасте 1–2 года (средняя длина рыб в пробе — 21,6 см). Можно предположить, что цикл накопления и расходования жира и цикл питания у молодых неполовозрелых особей отличается от взрослых. Таким образом, июльские пробы при дальнейшем анализе в расчёт не принимались.

Наполнение желудка постепенно увеличивалось до октября (средний балл наполнения — 1,6 балла) (рис. 6, 7). В ноябре произошло снижение интенсивности питания (средний балл наполнения — 0,8 балла, 59,1% особей не питались).

Жирность особей была минимальной в марте–мае (3,0–4,0%), далее она возрастала, составив в октябре 10,1%. В ноябре ГПСИ уменьшился (6,1%) (рис. 7).

Была проанализирована связь ГПСИ с состоянием исследуемых элементов отолита и выяснено, что в целом с увеличением жирности рыбы происходит образование летней зоны роста (рис. 8). Когда ГПСИ достигает макси-

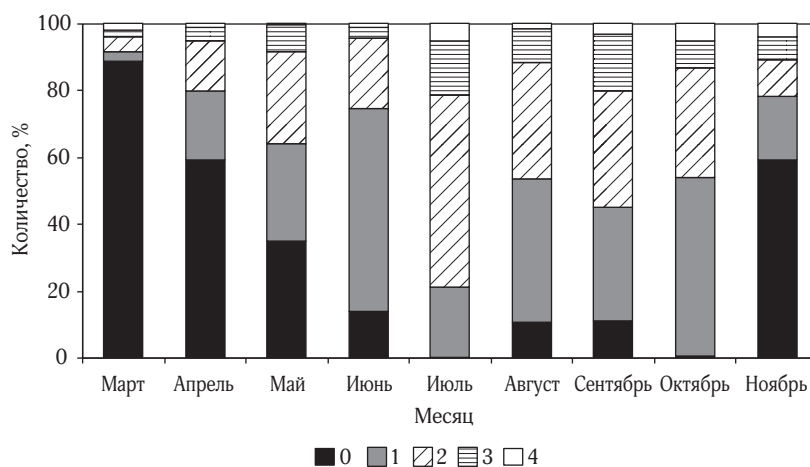
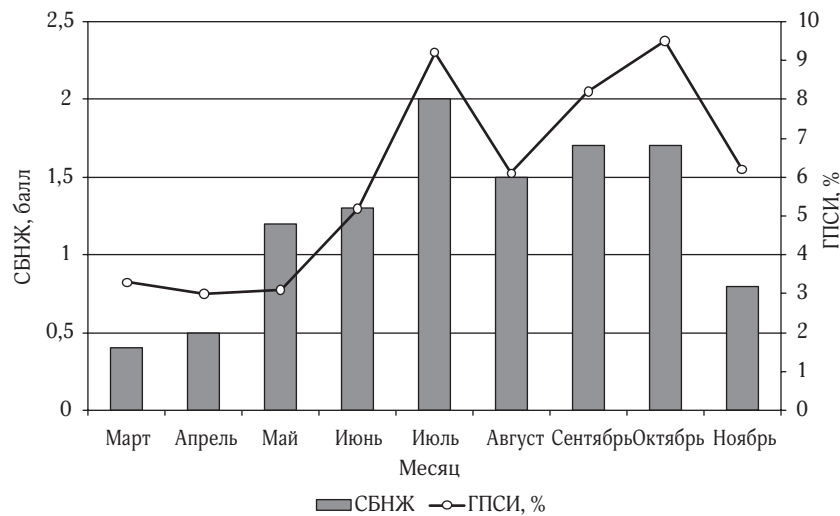
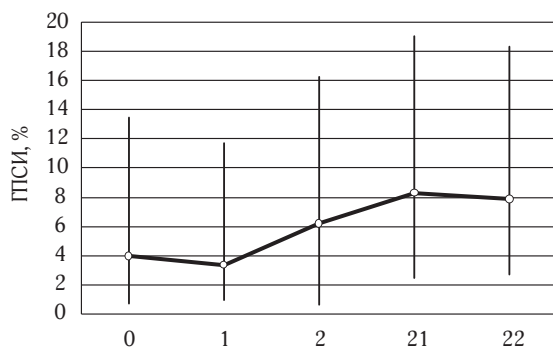


Рис. 6. Наполнение желудка путассу (балл) в марте–ноябре 2012 г.



**Рис. 7.** Средний балл наполнения желудка (СБНЖ) и гепатосоматический индекс (ГПСИ) путассу в марте—ноябре 2012 г.



**Рис. 8.** Гепатосоматический индекс (ГПСИ, %) путассу в зависимости от состояния исследуемых элементов отолита:

0 — прирост не начался (по краю — годовое кольцо предыдущего года); 1 — начало прироста; 2 — прирост сформирован; 21 — начало образования годового кольца текущего года; 22 — годовое кольцо текущего года сформировано

мума, начинает формироваться годовое кольцо, а жир начинает расходоваться. Однако не удалось обнаружить чётких зависимостей между годовой динамикой жирности и образованием элементов отолита. Таким образом, значение данного индекса отдельно взятой особи не может служить вспомогательным параметром при определении возраста путассу по отолитам.

**Практические рекомендации по определению возраста путассу.** Анализируя наполнение желудков и жирность особей в летний период, не удалось установить выраженных закономерностей между образованием гиали-

новой зоны по краю отолита и двумя этими физиологическими параметрами. Так, наполнение желудка и ГПСИ путассу в июне и августе не отличались, при этом в августе начало закладываться годовое кольцо.

Выяснено, что в общем условии, определяющим начало образования летней зоны роста на отолитах путассу, является возобновление питания после зимовки или нереста. Однако при анализе наполнения желудка и начала прироста на отолитах отдельно взятой особи чёткой зависимости выявить не удалось.

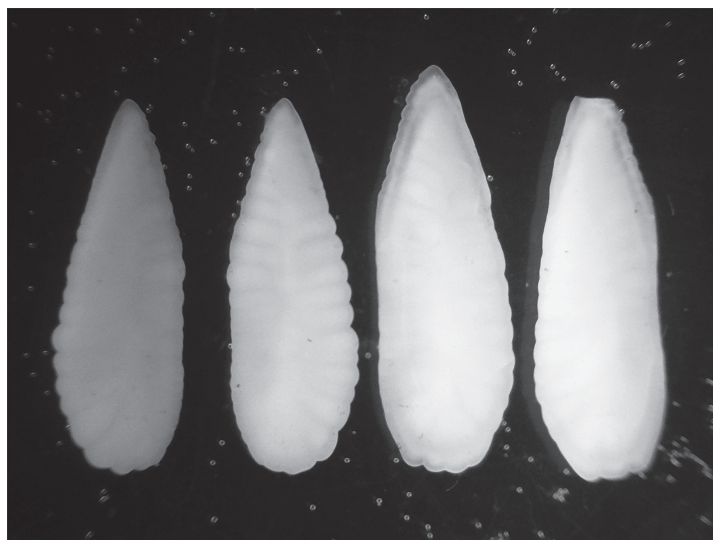
При определении возраста путассу нужно руководствоваться некоторыми морфологическими особенностями элементов отолита. При этом анализ следует проводить по его заднему краю (рис. 2).

При анализе морфологии отолита следует обращать внимание на некоторые его характеристики. Годовое кольцо на отолитах путассу, в отличие от дополнительных колец, всегда чёткое. Особенно это касается первого кольца у молодых особей (рис. 9).

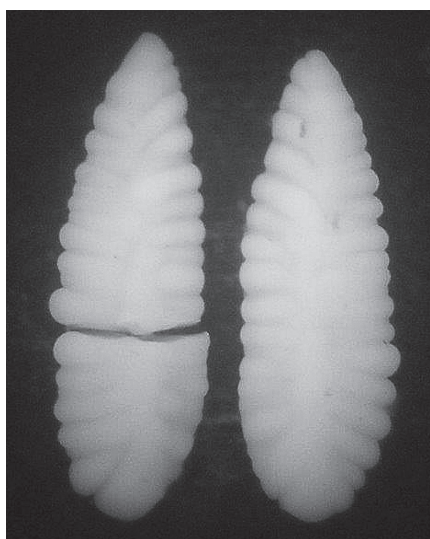
У особей в возрасте до 1 года отолиты по краям фестончатые, к трём годам край отолита, как правило, постепенно сглаживается (рис. 10).

У половозрелых особей годовой цикл накопления и расходования жира связан с циклом созревания гонад. Накопленный жир тратится в первую очередь на развитие гонад, в то время как у неполовозрелых рыб — на соматиче-

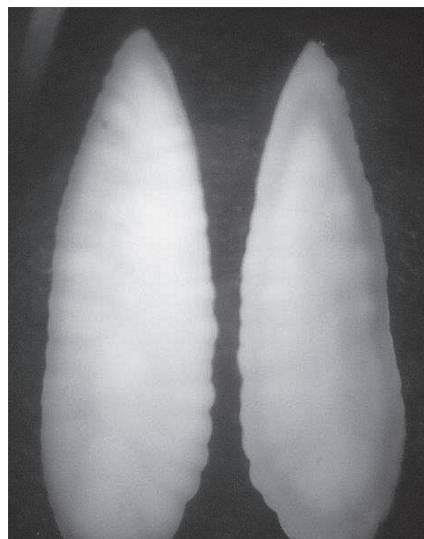




**Рис. 9.** Отолиты путассу в возрасте 1 год (левая пара) и 2 года (правая пара, первое годовое кольцо чёткое), выловленной в весенний период



**Рис. 10.** Отолиты путассу в возрасте 0



**Рис. 11.** Отолит половозрелой путассу (слева) и неполовозрелой (справа), особи выловлены в весенний период

ский рост. При возникновении сомнений, является ли в весенний период сформированный прирост по краю отолита летней зоной роста текущего года или предыдущего (зимнее кольцо по краю недостаточно сформировано), необходимо обращать внимание на стадию зрелости. В весенний период у неполовозрелых рыб прирост начинает формироваться раньше (рис. 11).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Элементы отолита (летняя зона роста и зимнее кольцо) начинают образовываться

вначале по заднему краю отолита, затем по переднему. Для большей точности определение возраста путассу по отолитам и анализ их элементов следует проводить по заднему краю отолита.

Выраженных закономерностей между образованием годового кольца по краю отолита, наполнением желудка и массой печени установить не удалось. Начало питания в весенний период служит фактором, определяющим начало образования летней зоны роста. Однако не выявлено чёткой зависимости между напол-

нением желудка и началом прироста на отоли- тах отдельно взятой особи.

При определении возраста необходимо учи- тывать форму отолита и особенности годового кольца. У неполовозрелых особей рост отолита начинается раньше, чем у нерестующих в теку- щий сезон.

Результаты выполненных исследований по- зволяют дать рекомендации по решению спор- ных вопросов в определении возраста путас- су. А также могут способствовать повышению точности определения возраста и, как следст- вие, более точному построению популяционной модели исследуемого вида.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Андрияшев А.П., Чернова Н.В. 1994. Аннотирован- ный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. Т. 34. № 4. С. 435–456.
- Беликов С.В., Шевченко А.И. 1990. Изучение не- реста путассу, распределения и дрейфа личинок к западу и северо-западу от Британских островов // Биология и промысел норвежской весенненере- стующей сельди и путассу Северо-Восточной Ат- лантики. Сборник докладов IV советско-норвеж- ского симпозиума. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 383–399.
- Долгов А.В. 2011. Атлас-определитель рыб Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 188 с.
- Зиланов В.К. 1984. Путассу Северной Атлантики. М.: Легкая и пищевая промышленность. 160 с.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и пере- работки. 2004. Вып. 1. Инструкции и методиче- ские рекомендации по сбору и обработке биологи- ческой информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики / Под ред. Л.К. Альбики- ковской, Б.И. Беренбойма, А.А. Гордова, К.В. Гор- чинского, А.В. Долгова, А.Б. Карасева, С.Ф. Ли- совского, Н.В. Мухиной, Д.В. Прозоркевича, Н.А. Ярагиной. М.: Изд-во ВНИРО. 300 с.
- Прохорова Т.А. 2010. Особенности закладки зимнего кольца на отолидах атлантическо-скандинавской (норвежская весенненерестующая) сельди (*Clupea harengus* L.) // Рыбное хозяйство. № 2. С. 52–56.
- Соловьева Н. 1938. Время закладки зимних ко- лец и начала прироста на чешуе сельди (*Clupea harengus harengus*) в различных районах Баренце- ва моря // Труды ПИНРО. Вып. 2. С. 109–129.
- Anon. 2013. Report of the Workshop on the Age Reading of Blue Whiting // ICES CM 2013/ACOM: 53. 51 p.
- Belikov S.V., Isaev N.A., Shevchenko A.V. 1986. Some results of ichthyoplankton and hydrographic observations west and northwest off British Isles in 1983–1985 // ICES CM 1986/C:11. 24 p.
- Mecklenburg W., Möller P.R., Steinke D. 2011. List of marine and diadromous fishes in the arctic region, with notes on new records and patterns of distribution. Online Resource 1. Suppl. material to the article. Biodiversity of arctic marine fishes: taxonomy and zoogeography // Marine Biodiversity. V. 41. Iss. 1. 64 p. URL: [http://link.springer.com/content/esm/art:10.1007/s12526-010-0070-0/file/MediaObjects/12526\\_2010\\_70\\_MOESM1\\_ESM.pdf](http://link.springer.com/content/esm/art:10.1007/s12526-010-0070-0/file/MediaObjects/12526_2010_70_MOESM1_ESM.pdf) (дата обращения – 25.12.2014).

#### REFERENCES

- Andriyashev A.P., Chernova N.V. 1994. Annotirovannyi spisok ryboobraznyh i ryb morej Arktiki i sopredel'nyh vod [Annotated list of fish-like vertebrates and fishes of the Arctic Seas and adjacent waters] // Voprosy ikhtologii. T. 34. № 4. S. 435–456.
- Belikov S.V., Shevchenko A.I. 1990. Izuchenie neresta putassu, raspredeleniya i drejfa lichinok k zapadu i severo-zapadu ot Britanskikh ostrovov [Investigations on the blue whiting spawning, larval distribution and draft west and north-west off the British Isles] // Biologiya i promysel norvezhskoj vesennenerestuyushchej sel'di i putassu Severo-Vostochnoj Atlantiki. Sbornik dokladov IV sovetsko-norvezhskogo simpoziuma. Murmansk: Izd-vo PINRO. S. 383–399.
- Dolgov A.V. 2011. Atlas-opredelitel' ryb Barentseva morya [Atlas of the Barents Sea fishes]. Murmansk: Izd-vo PINRO. 188 s.
- Zilanov V.K. 1984. Putassu Severnoj Atlantiki [Blue whiting of North Atlantic]. M.: Legkaya i pishhevaya promyshlennost'. 160 s.
- Izuchenie ekosistem rybokhozyajstvennykh vodoemov, sbor i obrabotka dannyh o vodnyh biologicheskikh resursah, tekhnika i tekhnologiya ih dobychi i pererabotki [The study of ecosystems fishery waters, collection and processing of data on the marine biological resources, equipment and technology of their production and processing]. 2004. Vyp. 1. Instruksii i metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke biologicheskoy informatsii v moryah Evropejskogo Severa i Severnoj Atlantiki // Pod red. L.K. Al'bikovskoj, B.I. Berenbojma, A.A. Gordova, K.V. Gorchinskogo, A.V. Dolgova, A.B. Karaseva, S.F. Lisovskogo, N.V. Mukhinoj, D.V. Prozorkevicha, N.A. Yaraginoj. M.: Izd-vo VNIRO. 300 s.
- Prokhorova T.A. 2010. Osobennosti zakladki zimnego kol'tsa na otolithah atlanticheskoy-skandinavskoj (norvezhskaya vesennenerestuyushchaya) sel'di (*Clupea harengus* L.) [Features of winter ring formation on



otoliths of the Atlanto-Scandian (Norwegian Spring-Spawning) herring (*Clupea harengus* L.)] // Rybnoe khozyajstvo. № 2. S. 52–56.

Solov'eva N. 1938. Vremya zakladki zimnih kolets i nachala prirosta na cheshue sel'di (*Clupea harengus harengus*) v razlichnyh rajonah Barentseva morya [The period of the laying down of the winter rings and the commencement of the increment on the scale of the Murman herring

(*Clupea harengus harengus*) in various parts of the Barents Sea] // Trudy PINRO. Vyp. 2. S. 109–129.

Поступила в редакцию 20.01.16 г.

Принята после рецензии 18.05.16 г.

## Features of elements (winter ring and summer ring) formation on otolith of the blue whiting

*T.A. Prokhorova, A.A. Pronyuk*

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (FSBSI "PINRO", Murmansk)

It's very important to interpret correctly an otolith last element during age reading. Especially it regards hyaline zone on an otolith edge of fish caught in summer. Data of biological samples of blue whiting, caught in 2012, were analyzed. Monthly samples from March to November were examined. Analyses of morphological and physiological features of winter ring formation and beginning of increment on otoliths of the blue whiting was carried. Upper and lower edges of an otolith are not suitable for age reading. Otolith element (winter ring and summer ring) formation begins first on the back edge and then on the front edge of an otolith. Summer ring began to form in March in 2012, and winter ring — in August. Clear dependencies between winter ring formation, and hepato-somatic index and stomach filling were not found. Otolith form and winter ring features should be taken in consideration during age reading.

**Key words:** blue whiting, otolith, increment, winter ring, summer ring, hepato-somatic index, feeding, Norwegian Sea.