Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2023. Вып. 69. С. 85–90.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2023. Vol. 69. P. 85–90.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Краткое сообщение / Short communication article
УДК 597.552.511(282.257.41)
doi:10.15853/2072-8212.2023.69.85-90

# СТРУКТУРА ЧЕШУИ МОЛОДИ НЕРКИ НАЧИКИНСКОГО ОЗЕРА (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

**Запорожец Олег Михайлович✉, Запорожец Галина Васильевна, Шубкин Сергей Викторович**

*Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, zaporozhets.o.m@kamniro.ru✉*

***Аннотация.*** Проведен анализ биометрических данных молоди нерки, отловленной в протоке, вытекающей из Начикинского озера в период ската, с целью прояснения вопроса о минимально возможном количестве склеритов на чешуе до годового кольца. Впервые выполнено изучение особенностей структуры чешуи молоди начикинской нерки разного возраста. Выявленные различия между группами особей разных возрастных категорий высоко достоверны не только по массе и длине, но и по общему числу склеритов в пресноводной зоне и числу склеритов до первого годового кольца (у годовиков 6,0 ± 0,1, у двухгодовиков 3,9 ± 0,3), предложено физиологическое объяснение этим различиям. На основе построенных склеритограмм проведено сравнение других особенностей структуры чешуи покатников разного возраста. Полученные ключевые характеристики рекомендованы в качестве уточняющих критериев при определении пресноводного возраста молоди начикинской нерки.

***Ключевые слова:*** нерка, молодь, Начикинское озеро, возрастные группировки, структура чешуи, критерии различий

***Для цитирования:*** Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Шубкин С.В. Структура чешуи молоди нерки Начикинского озера (Западная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2023. Вып. 69. С. 85–90.

# THE STRUCTURE OF THE SCALES OF JUVENILE SOCKEYE SALMON OF NACHIKINSKOE LAKE (WESTERN KAMCHATKA)

**Oleg M. Zaporozhets✉, Galina V. Zaporozhets, Sergey V. Shubkin**

*Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, zaporozhets.o.m@kamniro.ru✉*

***Abstract.*** Analysis of biometric data of juvenile sockeye salmon caught during the run to sea in the channel from Nachikinskoe Lake was carried out in order to clarify the question of the minimum possible number of sclerites on the scales to the 1st annual ring. For the first time, the study of the features of the scale structure of juvenile sockeye salmon of different ages was carried out. The differences revealed between groups of individuals of different age categories are highly reliable not only in weight and length, but also in the total circuli number in the freshwater zone and circuli number to the first annual ring (6.0 ± 0.1 in yearlings, 3.9 ± 0.3 in two-year-olds); physiological explanation for these differences is proposed. On the basis of the scleritograms constructed, a comparison of other features of the scale structure of the juvenile migrants of different ages was carried out. The key characteristics obtained are recommended as clarifying criteria in reading the freshwater age of juvenile sockeye salmon in Nachikinskoe Lake.

***Keywords:*** sockeye salmon, juveniles, Nachikinskoe Lake, age groups, scale structure, criteria of differences

***For citation:*** Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V., Shubkin S.V. The structure of the scales of juvenile sockeye salmon of Nachikinskoe Lake (Western Kamchatka) // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2023. Vol. 69. P. 85–90. (In Russian)

Биологические характеристики производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*), нерестующей в бассейне Начикинского озера, включая ее возраст, известны с 30-х гг. XX в. (Семко, 1935). Последние данные на эту тему опубликованы в 2022 г. (Запорожец, Запорожец, 2022). Одним из спорных вопросов при определении возраста является критерий минимального числа склеритов до первого истинного годового кольца, меньше которого зону суженных склеритов считают дополнительной (Бугаев и др., 2022).

Конкретной информации о структуре чешуи начикинской красной мы не обнаружили, за исключением некоторых данных, приведенных в отчете 2010 г. по распределению запасов нерки р. Большой, выполненном на основе анализа структуры чешуи производителей, выловленных в разных частях бассейна главной реки, включая Начикинское озеро (Запорожец, Запорожец, 2010). Однако на чешуе производителей трудно понять — образовалось первое кольцо суженных склеритов в 3-м квартале первого года

© Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Шубкин С.В.

жизни (тогда оно дополнительное) или в первой половине второго года (тогда оно истинное годовое) (Бугаев и др., 2022). Вопрос о минимальном приросте склеритов на чешуе в первый год жизни особей конкретной популяции желательно решать по чешуе ее молоди, пойманной при скате с нагульного водоема в начале лета.

В связи с этим мы решили произвести анализ биометрических данных молоди начикинской нерки, отловленной при скате из озера в первой декаде июня, с целью прояснения вопроса о минимально возможном количестве склеритов до годового кольца и сравнения характеристик и особенностей структуры чешуи рыб разного возраста.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использована покатная молодь начикинской нерки в количестве 230 экз., отловленная одним из соавторов (С.В. Шубкиным) в 2010 г. в протоке, вытекающей из озера, откуда и берет исток р. Плотникова.

Чешую рыб просматривали под микроскопом “Olympus BX41” при увеличении 100× (10×10) и снимали на видеокамеру. Для анализа регистрирующих структур в свободно распространяемой программе ImageJ 1.52 (https://imagej.nih.gov/ij/) на цифровых фотографиях измеряли с точностью до 1 экранного пиксела (1,449275 мкм) радиусы всех склеритов вдоль оси чешуи, проведенной как продолжение максимального диаметра эллипса центральной площадки (рис. 1), используя для масштаба и калибровки камеру Горяева (размер большого квадрата — 200×200 мкм, малого квадрата — 50×50 мкм).

Массив файлов, полученных при оцифровке точек чешуи по радиусам, формировали в общий файл, содержащий индивидуальные данные рыб: длину, массу, пол, количество склеритов до первой зоны их сгущения, между первым и вторым годовыми кольцами, общее количество склеритов на чешуе, возраст особей.

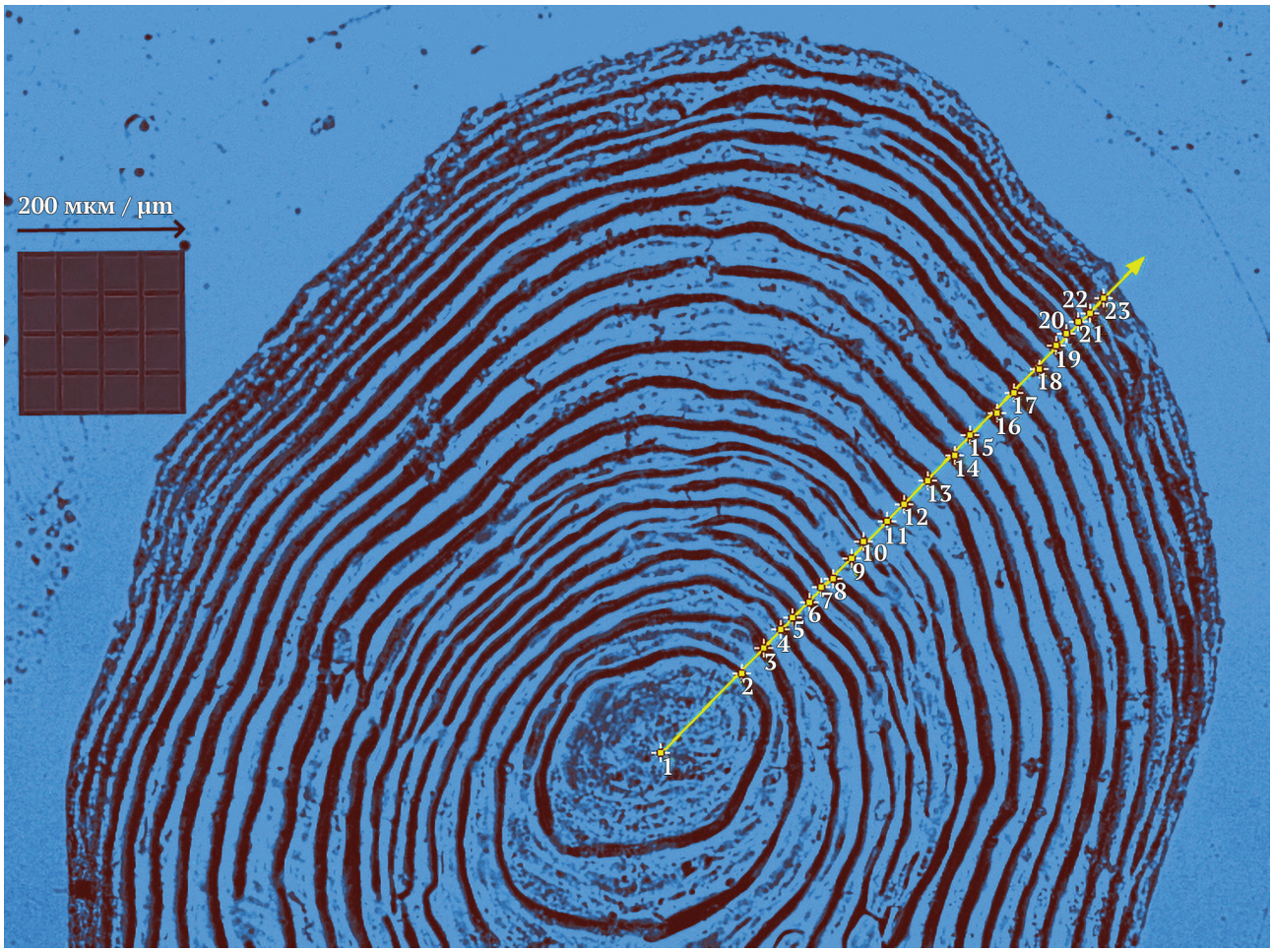


Рис. 1. Часть чешуи двухгодовика нерки с проведенным радиусом и отмеченными точками его пересечения со склеритами. Слева вверху для масштаба — квадрат камеры Горяева
Fig. 1. A part of two-year-old sockeye salmon scale with a radius and radius-circuli cross points marked at. The square of the Goryaev camera is located in the upper left to understand dimension

Результаты обработаны с помощью программ Statistica и Excel. По данным длины радиусов каждого склерита (Rn) вычисляли размеры межсклеритных промежутков (dRn, мкм), строили склеритограммы. В ходе дисперсионного и частотного анализов сравнивали основные характеристики рыб разного пола и возраста.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После определения возраста рыб выяснилось, что среди отловленной молоди большинство составляли годовики (95%), двухгодовиков было ~5%.

Длина и масса молоди начикинской нерки разного пола и возраста в 2010 г. представлены в таблице 1.

Отметим, что у нескольких годовиков размером около 7 см и массой ~3 г, имеющих по 8 склеритов на чешуе, годовое кольцо отсутствовало или было почти не выражено, однако посчитать их сеголетками было бы неправильно, так как размеры и масса последних в июне, по нашим данным (выборка от 21.06.2023), не превышают 3 см и 0,2 г соответственно. Отсутствие или слабую выраженность на чешуе у части молоди годовых колец можно объяснить тем, что в первой половине июня происходит формирование этих образований, по данным Ю.Ю. Дгебуадзе и О.Ф. Черновой (2009), на костных структурах они закладываются раньше, а на чешуе — позже.

Поскольку достоверные отличия по морфологическим показателям между самцами и самками отсутствовали, дальнейший анализ представлен без разделения по полу. Различия между группами особей разного возраста, напротив, высоко достоверны ($p<0,00001$) не только по массе и длине АС, но и по общему числу склеритов в пресноводной зоне и числу склеритов до первого годового кольца (то есть образовавшихся на стадии сеголетка) (рис. 2) и другим показателям (см. ниже).

Отдельно обратим внимание, что число склеритов до первого годового кольца у годовиков в полтора раза больше, чем у двухгодовиков (6,0 ± 0,1 и 3,7 ± 0,2 соответственно — рис. 2 внизу справа).

Можно предположить, что рыбы возраста 2+ в первый год жизни выклюнулись из икры по большей части заметно позже, чем особи возраста 1+, либо по причине позднего нереста родителей (он зачастую продолжается до декабря, местами уже подо льдом), либо из-за низкой температуры инкубации икры, а может быть и совокупного воздействия обоих факторов. Поэтому двухгодовики в первый год жизни не успели заметно вырасти, не были физиологически готовы к скату в море на втором году жизни и остались зимовать в пресной воде второй раз. Эту гипотезу подтверждает тот факт, что у части годовиков (судя по чешуе), имеющих всего 3–5 склеритов до годового кольца, размеры и масса заметно меньше средних показателей годовиков. Возможно, эти особи также не покатятся в море в тот же год, а останутся зимовать и скатятся двухгодовиками. Частотная гистограмма, демонстрирующая распределение количества склеритов до первого годового кольца у молоди начикинской нерки разного возраста, представлена на рис. 3.

Сравнение структуры чешуи покатной молоди разного возраста (рис. 4) выявило ряд интересных особенностей. Во-первых, ширина межсклеритных промежутков в диапазоне dR2–dR5 у годовиков достоверно больше, чем у двухгодовиков ($p<0,04$), причем максимальны различия по dR3 и dR5 ($p<0,002$), что может быть обусловлено более высокой температурой воды в период формирования этих склеритов (Запорожец, Запорожец, 2000) у годовиков на стадии сеголеток. С другой стороны, ширина межсклеритных промежутков в диапазоне dR8–dR14 у годовиков наоборот достоверно меньше, чем у двухгодовиков ($p<0,002$), причем максимальны различия по dR9, dR11, dR12 ($p<0,00001$). Это тоже в значительной степени объяснимо тем, что данные структуры у двухгодовиков закладываются летом, когда вода максимально прогрета, а у годовиков — в холодной воде осенью или ранней весной.

Таблица 1. Длина АС (см) и масса (г) молоди начикинской нерки в истоке р. Плотникова в 2010 г.
Table 1. The AC length (cm) and weight (g) of the juvenile sockeye salmon of Nachikinskoe Lake in the Plotnikova River outlet in 2010

| Возраст<br>Age | Пол<br>Gender | Длина АС ± ст. ош.<br>Length AC ± S. E. | Масса ± ст. ош.<br>Weight ± S. E. | Количество, n<br>Number, n |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Самки / Females | 7,81 ± 0,04 | 4,6 ± 0,1 | 93 |
| 1 | Самцы / Males | 7,79 ± 0,04 | 4,6 ± 0,1 | 125 |
| 2 | Самки / Females | 10,50 ± 0,17 | 11,3 ± 0,6 | 6 |
| 2 | Самцы / Males | 10,29 ± 0,22 | 11,0 ± 0,6 | 6 |

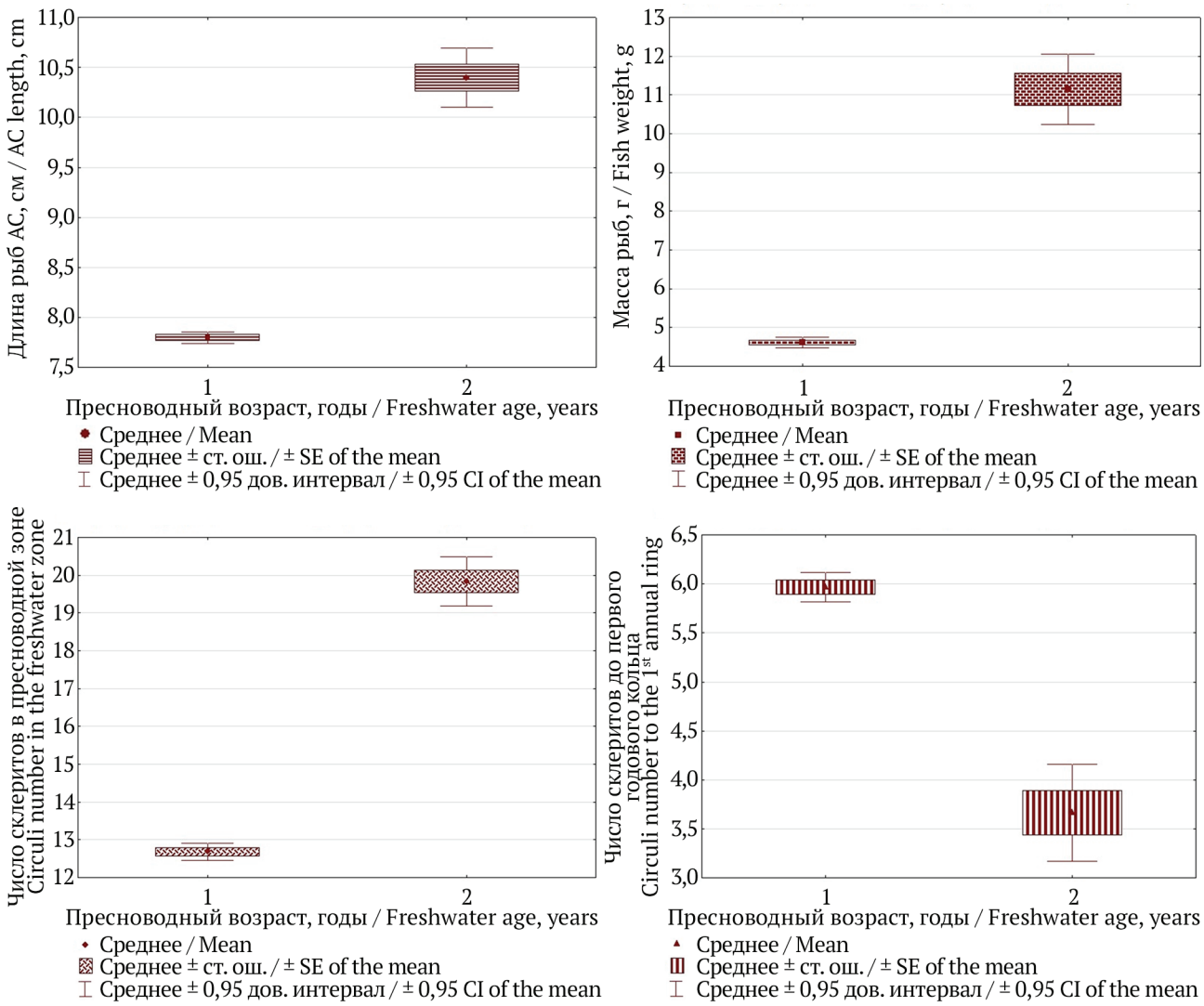


Рис. 2. Сравнение некоторых биометрических показателей молоди начикинской нерки 2010 г.
Fig. 2. Comparison of some biometric indicators of juvenile sockeye salmon in Nachikinskoe Lake in 2010

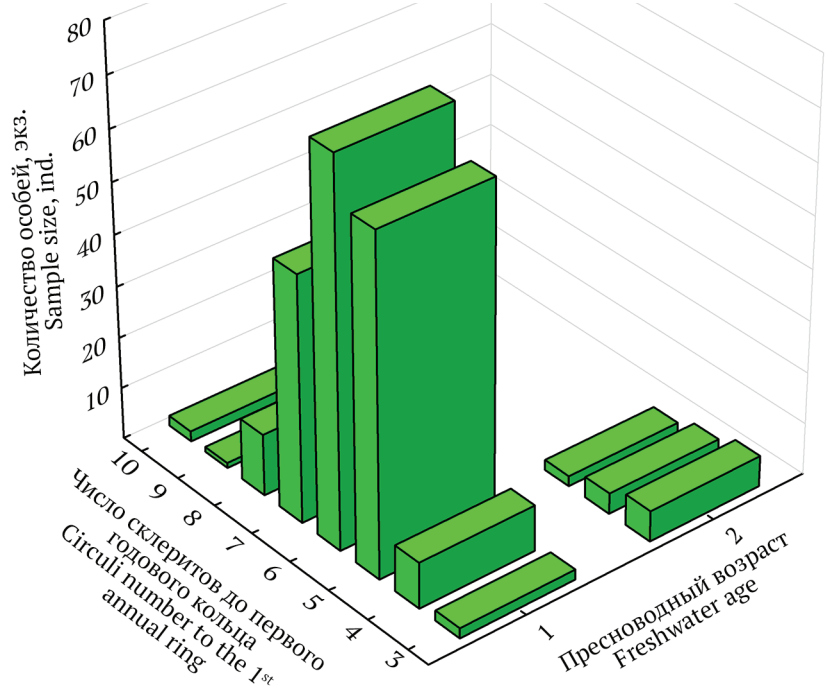


Рис. 3. Гистограмма распределения количества склеритов до первого годового кольца у молоди начикинской нерки
Fig. 3. Histogram of the distribution of the circuli number to the 1st annual ring in juvenile sockeye salmon of Nachikinskoe Lake

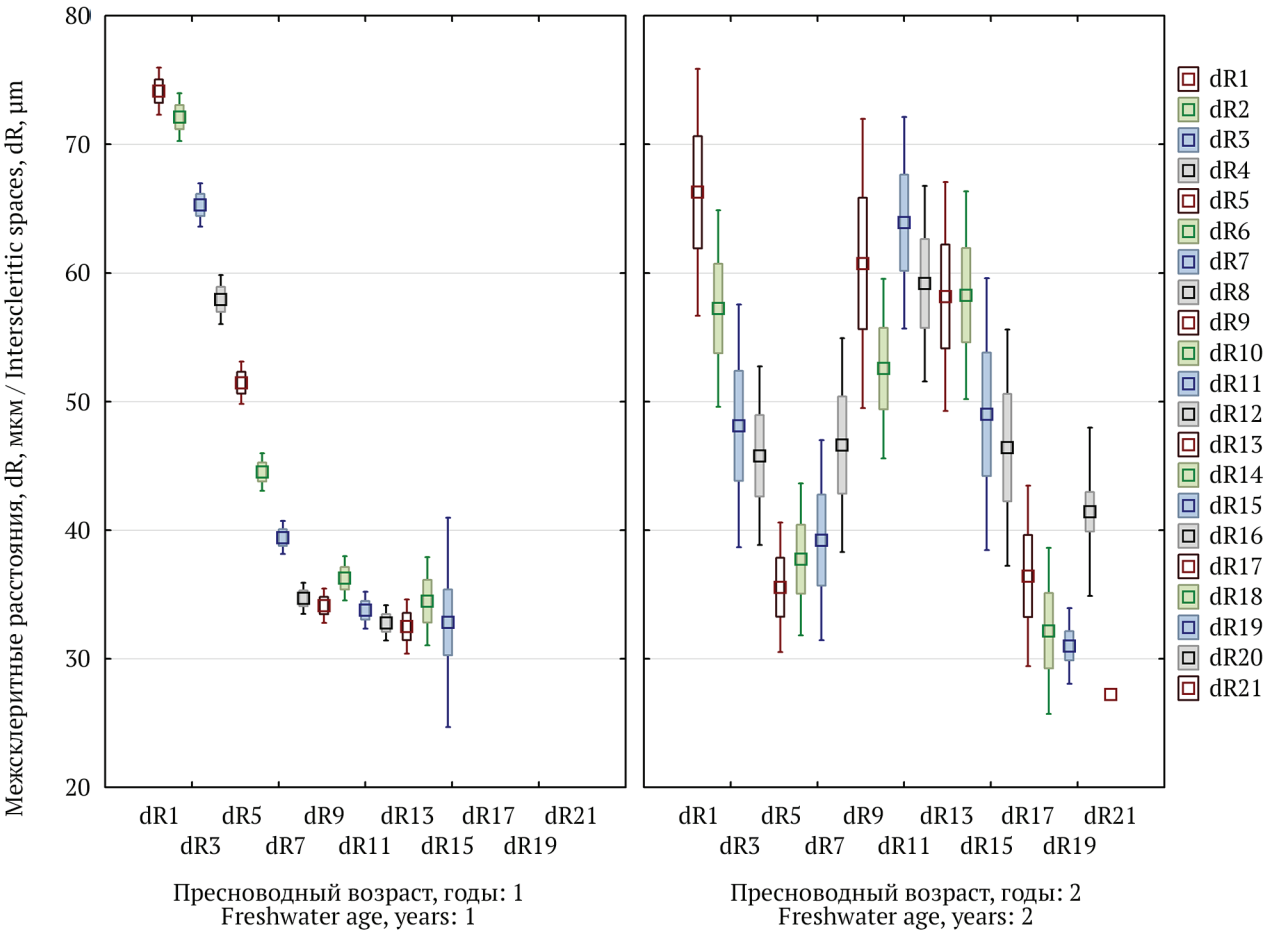


Рис. 4. Суммарные диаграммы размаха межсклеритных промежутков dR1–dR21 (склеритограммы) по возрастным группам: 1+, 2+
Fig. 4. Box-and-whisker-Plots of interscleritic spaces dR1–dR21 (scleritograms) by the age groups 1+ and 2+

Во-вторых, у годовиков (в отличие от двухгодовиков) межсклеритные промежутки dR2–dR7 четко отличаются друг от друга ($p<0,001$), а различия между dR5 и dR6 максимальны ($p<0,0001$).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно констатировать, что для начикинской нерки вполне допустимым является образование годового кольца после трех предыдущих склеритов.

Кроме того, при определении пресноводного возраста молоди начикинской нерки в сомнительных случаях можно рекомендовать в качестве уточняющих критериев не только массу, длину рыб и общее число склеритов в пресноводной зоне, но и значительные отличия между годовиками и двухгодовиками по размерам третьего межсклеритного промежутка (почти в полтора раза) — в пользу первых, и dR9–dR12 — в пользу вторых.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ / COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that this review does not contain their own experimental data obtained using animals or involving humans. Bibliographic references to all data of other authors used in the review are formatted in accordance with the state standards (GOST). The authors declare that they have no conflict of interest.

## ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ
## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Авторы в равной мере участвовали в сборе и обработке данных, обсуждении полученных результатов и написании статьи.
The authors jointly collected, processed and analyzed the data, discussed the results and wrote the text of article, with equal contribution.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

*Бугаев В.Ф., Зикунова О.В., Травина Т.Н.* 2022. К вопросу об образовании дополнительных зон сближенных склеритов на чешуе молоди тихоокеанских лососей в бассейне р. Большой (юго-западное побережье Камчатки) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 67. С. 33–45.
*Дгебуадзе Ю.Ю., Чернова О.Ф.* 2009. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 315 с.
*Запорожец О.М., Запорожец Г.В.* 2000. Обзор некоторых методов мечения и идентификации лососей, прошедших испытание на Камчатке / Сб. научн. докл. Рос.-амер. конф. по сохранению лососевых: Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей. Хабаровск. С. 56–62.
*Запорожец О.М., Запорожец Г.В.* 2010. Популяционная структура запасов нерки бассейна р. Большой. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 23 с.
*Запорожец О.М., Запорожец Г.В.* 2022. Производители нерки в бассейне Начикинского озера (Юго-Западная Камчатка): биология и численность // Изв. ТИНРО. Т. 202. № 2. С. 351–368.
*Семко Р.С.* 1935. Расовый состав красной Начикинского озера (бассейн р. Большой). Петропавловск-Камчатский: КоТИРХ. 100 с.

## REFERENCES

Bugaev V.F., Zikunova O.V., Travina T.N. To the issue of the origin of false annual rings on scale of juvenile Pacific salmon in the Bolshaya River system (Southeast Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 67, pp. 33–45. (In Russian)
Dgebuadze Y.Y., Chernova O.F. *Cheshuya kostistykh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura* [Teleost fish scales as a diagnostic and recording structure]. Moscow: Scientific Society, 2009, 315 p.
Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Review of some methods of tagging and identification of salmon tested in Kamchatka. *Sb. nauchn. dokl. Ros.-amer. konf. po sokhraneniyu lososevykh: Voprosy vzaimodeystviya yestestvennykh i iskusstvennykh populyatsiy lososey* [Sat. scientific report Russian-American conf. on salmon conservation: Issues of interaction between natural and artificial salmon populations]. Khabarovsk, 2000, pp. 56–62.
Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. *Populyatsionnaya struktura zapasov nerki basseyna r. Bolshoy* [Population structure of sockeye salmon stocks in the basin of Bolshaya River]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2010, 23 p.
Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Sockeye salmon spawners in the basin of Nachikinskoye Lake (South-Western Kamchatka): biology and abundance. *Izvestiya TINRO*, 2022, vol. 202, no. 2, pp. 351–368. (In Russian)
Semko R.S. *Rasovyy sostav krasnoy Nachikinskogo ozera (basseyn r. Bolshoy)* [The race composition of sockeye salmon in Nachikinskoye Lake (the basin of the Bolshaya River)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Arhiv KamchatNIRO, 1935, № 194, 100 p.

### *Об авторах*

О.М. Запорожец — докт. биол. наук, вед. науч. сотрудник Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО), zaporozhets.o.m@kamniro.ru
Г.В. Запорожец — канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО), zaporozhets.g.v@kamniro.ru
С.В. Шубкин — вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО), shubkin.s.v@kamniro.ru

### *Information about the authors*

Oleg M. Zaporozhets – Dr. Sc. (Biology), Leading Scientist (KamchatNIRO)
Galina V. Zaporozhets – Ph. D. (Biology), Leading Scientist (KamchatNIRO)
Sergey V. Shubkin – Leading Specialist (KamchatNIRO)

*Статья поступила в редакцию:* 18.08.2023
*Одобрена после рецензирования:* 17.10.2023
*Статья принята к публикации:* 18.10.2023