



## Промысловые виды и их биология

# К методике определения возраста кеты

А.Н. Ельников<sup>1</sup>, О.В. Зеленников<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО «СПбГУ»), Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034

E-mail: elnikov@vniro.ru

SPIN-код: А.Н. Ельников 4304–3260, О.В. Зеленников 1798–2640

**Цель работы:** выполнить количественный сравнительный анализ структуры и размера годовых колец чешуи кеты для подготовки методического пособия по определению возраста. **Материалом исследования** послужили препараты чешуи от 493 производителей кеты разного возраста, на которых проводили подсчёт склеритов и измеряли диаметр годовых колец. **Используемые методы:** сравнительный анализ данных, методы описательной статистики. **Результаты:** установили, что размер чешуи, размер каждого из годовых колец, а также число склеритов в годовых кольцах у самцов и самок кеты в пределах каждой возрастной группы не различается. Число склеритов, формирующих каждое годовое кольцо, а также радиус колец у разных особей существенно варьирует. С возрастом, по мере увеличения длины и массы рыб закономерно увеличивается и размер чешуи. При этом ускорение темпа роста наблюдается в течение года, предшествующего половому созреванию. В результате число склеритов в последнем годовом кольце, а также размер этого кольца у рыб, достигающих полового созревания всегда больше, чем у рыб этого же возраста, но остающихся в море для продолжения нагула. **Практическая значимость:** представленная статья является научным сопровождением методического пособия для практического определения возраста кеты по чешуе.

**Ключевые слова:** кета *Oncorhynchus keta*, определение возраста, чешуя, склериты.

## Towards a method for determining the age of chum salmon

Andrei N. Elnikov<sup>1</sup>, Oleg V. Zelennikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okrzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

<sup>2</sup> St-Petersburg State University («SPbSU»), 7/9, Universitetskaya embankment, St-Petersburg, 199034, Russia

**The purpose** of the work is to perform a quantitative comparative analysis of the structure and size of annual rings of chum salmon scales to prepare a methodological manual for determining age. **The research material** included scale preparations from 493 chum salmon producers of different ages, on which sclerites were counted and the diameter of annual rings was measured. **Methods used:** comparative data analysis, descriptive statistics methods. **Results:** it was found that the size of the scales, the size of each of the annual rings, as well as the number of sclerites in the annual rings of male and female chum salmon within each age group do not differ. The number of sclerites forming each annual ring, as well as the radius of the rings, varies significantly among different individuals. With age, as the length and mass of fish increase, the size of the scales naturally increases. Moreover, an acceleration in the growth rate is observed during the year preceding puberty. As a result, the number of sclerites in the last annual ring, as well as the size of this ring in fish that reach sexual maturity is always greater than in fish of the same age, but remaining in the sea to continue feeding. **Practical significance:** the presented article is a scientific accompaniment of a methodological manual for the practical determination of the age of chum salmon by scales.

**Keywords:** chum salmon *Oncorhynchus keta*, age determination, scales, sclerites.

## ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанский лосось кета *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792), благодаря короткому периоду речного развития и ярко выраженному хомингу является самым рентабельным объектом для пастбищного разведения среди видов своего рода [Хованский, 2005] и, как следствие этого, главным объектом заводского воспроизводства во всех странах Северной Пацифики [Запорожец, Запорожец, 2011]. В России и в первую

очередь в Сахалинской области, где сосредоточено большинство рыболовных заводов для воспроизводства молоди лососевых рыб [Леман и др., 2015], численность молоди кеты постоянно увеличивается. Для рациональной эксплуатации создаваемых стад, а также для прогнозирования будущего вылова проводят биологические анализы, центральным элементом которых является определение возраста производителей по чешуе. Хорошо известно [Каев, Игнатъев, 2013], что между численностью производителей смежных

возрастных групп устанавливается тесная корреляционная связь, благодаря которой можно по улову текущего года прогнозировать улов в следующем году.

К настоящему времени в литературе есть много работ с методическими рекомендациями по определению возраста рыб по чешуе. Можно предложить такие работы, как «Руководство по изучению рыб» [Правдин, 1966], или «Руководство по изучению возраста и роста рыб» [Чугунова, 1959]. Однако, несмотря на наличие этих и других методических пособий, к настоящему времени у рыбоводов и рыбопромышленников сложилось мнение, что практическое определение возраста кеты по чешуе относится к области научного исследования. Вместе с тем, очевидно, что такое определение может быть выполнено как в условиях рыбоводного завода, так и рыбоперерабатывающего предприятия. На наш взгляд, для этого недостаёт сравнительно краткой инструкции, при наличии которой возраст кеты может быть определён не только подготовленным научным сотрудником, но и любым заинтересованным специалистом. Конечная цель нашей работы подготовить для массового использования краткое методическое пособие, в котором будут пошагово описаны и проиллюстрированы этапы приготовления препарата чешуи и определения возраста кеты. Данная работа представляет собой научное сопровождение такого методического пособия, а её цель произвести количественный сравнительный анализ структуры и размера годовых колец на чешуе кеты.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Начиная с 2014 г. и по настоящее время, в период с августа по ноябрь мы проводим плановые биологические анализы производителей кеты с целью ис-

следования создаваемого в бассейнах заливов Простор и Курильский (о. Итуруп) крупного промыслового стада [Ельников, Зеленников, 2023 а]. Образцы чешуи для выполнения работы были взяты из сборов этих анализов за 2015, 2016 и 2017 гг., хранящихся в архиве ВНИРО. Чешую для определения возраста брали по методике Клаттера и Уайтсела [Clutter, Whitesel 1956]. Для приготовления препаратов чешую промывали в чистой воде, а при сильном загрязнении – в растворе нашатырного спирта, затем протирали, смазывали глицерином, помещали между двух предметных стёкол и просматривали под микроскопом MT 4300L Meiji Techno (Япония), используя объективы Planachromat 4x, N.A. 0.10. Фотографии чешуи делали с использованием цифровой камеры CAM V400/1.3M Vision (Австрия). Годовые зоны прироста и количество склеритов в них измеряли на отснятых изображениях чешуи с использованием программы GIMP 2. Для этого все изображения чешуи открывали в одном формате с одинаковым увеличением (100%) и измеряли с помощью виртуальной линейки в сантиметровом режиме (centimeters). Сначала измеряли общий радиус чешуи от центра до края (рис. 1 А), затем измеряли каждый годовой прирост отдельно, подсчитывая в нём количество склеритов, включая все склериты сближенной зоны (рис. 1 Б, В). Для измерения выбирали область чешуи с наибольшим радиусом. Всего исследовали препараты чешуи от 493 производителей кеты разного возраста. При статистическом анализе достоверность различий средних значений устанавливали при помощи критерия Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы исследовали чешую производителей кеты из анализов 2017 г., взяв образцы

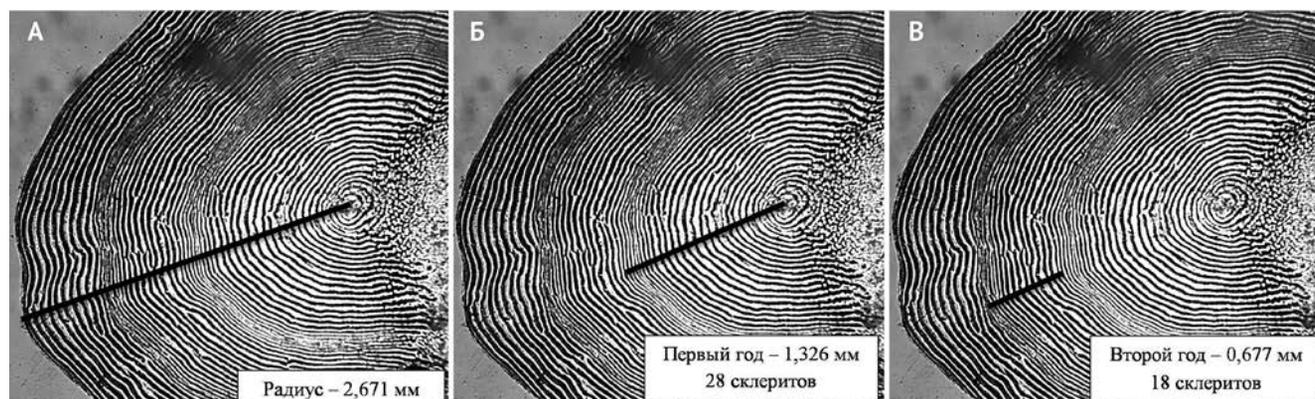


Рис. 1. Схема измерения чешуи у производителей кеты: полной длины радиуса (А), зоны первого (Б) и второго (В) годового кольца

Fig. 1. Measurement of chum salmon scales: total radius length (A), zone of the first (Б) and second (В) annual ring

от 69, 62, 58 и 66 особей в возрасте 2+, 3+ 4+ и 5+, соответственно (табл. 1). Как и ожидалось с учётом ранее полученных данных [Ельников, Зеленников, 2023 а], масса производителей кеты – самок и самцов каждой следующей возрастной группы была больше, чем предыдущей, причём, за единственным исключением (самки в возрасте 5+), достоверно. Например, масса самцов и самок в возрасте 2+ в среднем составила 2,23 и 2,12 кг, а в возрасте 3+ – 3,45 и 3,07 кг (табл. 1).

Число склеритов при формировании первого годового кольца у разных особей существенно различалось, причём, как у самцов, так и у самок. Например, в возрасте 2+ число склеритов в первом кольце у самцов изменялось от 20 до 32, а у самок – от 23 до 34, но в среднем значимо не различалось и составило – 27,3 и 27,9 соответственно (табл. 1). Более того, в среднем число склеритов в первом годовом кольце оказалось практически одинаковым у рыб всех возрастных групп, несмотря на принципиально разные размеры самих производителей. Например, масса самцов в возрасте 2+ и 5+ в среднем различалась почти в два раза – 2,23 и 4,36 кг. При этом число склеритов в первом годовом кольце у тех и других оказалось одинаковым – 27,3, а расстояние от центра до окончания первого годового кольца сходным – 1,20 и 1,19 мм (табл. 1).

Главная задача на первом этапе количественного анализа структуры чешуи заключалась в выявлении различий между самцами и самками. По нашим данным никакие различия между рыбами разных полов во всех возрастных группах не выявляются, ни по числу склеритов в любом из годовых колец, ни по длине радиуса чешуи, ни по части чешуи, характеризующей размер каждого из годовых колец (табл. 1).

То, что между самками и самцами кеты одного возраста по структуре чешуи не удалось выявить каких-либо различий, позволило на втором этапе работы объединить данные для тех и других в общие группы, а также добавить данные для кеты двух самых массовых возрастных групп 3+ и 4+ из анализов 2015 и 2016 гг. В результате таких объединений получились более крупные выборки из 69, 184, 174 и 66 особей в возрасте 2+, 3+, 4+ и 5+ соответственно (табл. 2).

Масса рыб в объединённых выборках с возрастом закономерно увеличивалась. Соответственно росту рыб увеличивался и средний показатель общего радиуса чешуи (табл. 2). При этом число склеритов в первом годовом кольце и размер самих колец не изменялись. При средней массе рыб 2,21 кг в возрасте 2+ и 4,10 кг в возрасте 5+, число склеритов оказалось одинаковым – 27,4, а размер первого кольца

сходным (табл. 2). Вместе с тем проявилась общая закономерность, согласно которой у кеты в год, предшествующий половому созреванию наблюдалось ускорение темпа роста чешуи, по сравнению с рыбами этого поколения, которые оставались в условиях морского нагула. Свидетельством этому явилось как достоверное увеличение числа склеритов у рыб во всех возрастных группах, так и достоверное увеличение участка крайнего годового кольца. Можно видеть (табл. 1), что у производителей кеты в возрасте 2+, 3+ и 4+ число склеритов во втором, третьем и четвёртом кольце соответственно составило в среднем 17,9, 11,7 и 9,6 и было достоверно больше, чем у рыб, созревающих в более позднем возрасте. В свою очередь, ширина зоны соответствующих годовых колец в среднем 0,71, 0,44 и 0,34 мм также была достоверно больше, чем у рыб, созревающих в последующие годы. Указанные значения в таблице выделены полужирным шрифтом (табл. 2).

Обсуждая полученные данные, отметим, что половое созревание кеты в возрасте 1+ бывает исключительно редко и известно только для самцов [Горяинов и др., 2008]. Созревание в возрасте 6+ встречается чаще, характерно, как для самцов, так и для самок, но практической ценности не представляет. Таким образом, в абсолютном большинстве случаев в стадах кеты присутствуют производители четырёх возрастных групп, наиболее массовыми из которых являются особи в возрасте 3+ и 4+ [Salo, 1991; Каев, 2003; Зеленников и др., 2023].

Несмотря на то, что с возрастом, длина и масса рыб закономерно увеличиваются, попытка даже предположить возраст рыб по этим показателям будет неоправданной. Например, масса самок кеты незадолго до полового созревания, обследованных в бассейнах заливов Простор и Курильский в возрасте 2+ варьировала в диапазоне от 1,09 до 4,34 кг, в возрасте 3+ – от 1,33 до 5,39 кг, в возрасте 4+ – от 1,57 до 5,58 кг и в возрасте 5+ – от 1,97 до 5,97 кг [Ельников, Зеленников, 2023б]. При закономерном увеличении среднего размера чешуи с возрастом этот показатель также изменяется у разных рыб в широком диапазоне.

Фактически, единственным надёжным критерием для определения возраста в спорных ситуациях оказывается подсчёт склеритов. Особенно если учесть, что у кеты «...по количеству склеритов не наблюдается существенных межгодовых трендов, что говорит в пользу независимости данного показателя от темпов роста рыб в популяции» [Свиридов и др., 2004; стр. 75].

Анализ структуры чешуи при исследовании темпа роста рыб и размерно-возрастной структуры в ста-

**Таблица 1.** Характеристика чешуи производителей кеты, пойманных в заливах Простор и Курильский (о. Итуруп) в 2017 г. Над чертой — среднее значение и его ошибка, под чертой — предел варьирования

Пол	Рыбы, шт.	Масса рыб, кг	Число склеритов в составе годовых колец, шт.					Ширина зоны годовых колец, мм					Длина радиуса, чешуи, мм
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	
<b>Возраст 2+</b>													
Самцы	55	2,23±0,05 1,53-3,77	27,3±0,3 20-32	17,7±0,3 13-24	-	-	-	1,20±0,02 0,94-1,48	0,71±0,01 0,50-0,93	-	-	-	2,56±0,03 1,96-3,13
Самки	14	2,12±0,06 1,81-2,58	27,9±0,7 23-34	18,9±0,6 14-23	-	-	-	1,18±0,04 0,85-1,40	0,75±0,03 0,58-1,01	-	-	-	2,53±0,06 2,01-2,83
<b>Возраст 3+</b>													
Самцы	24	3,45±0,17 1,99-5,27	27,5±0,5 21-31	16,5±0,5 12-23	11,9±0,5 8-15	-	-	1,17±0,02 0,94-1,45	0,64±0,02 0,51-0,80	0,46±0,02 0,26-0,63	-	-	2,75±0,05 2,38-3,22
Самки	38	3,07±0,13 1,61-5,38	27,3±0,4 22-36	15,3±0,4 8-22	12,0±0,4 5-21	-	-	1,19±0,03 0,85-1,83	0,62±0,02 0,31-1,07	0,46±0,02 0,22-0,89	-	-	2,73±0,05 2,18-3,55
<b>Возраст 4+</b>													
Самцы	39	4,07±0,10 2,57-5,36	27,3±0,4 22-33	17,7±0,4 13-23	9,6±0,3 6-14	10,2±0,3 6-14	-	1,20±0,02 0,92-1,47	0,69±0,02 0,50-0,93	0,32±0,01 0,19-0,52	0,37±0,02 0,15-0,64	-	2,98±0,05 2,26-3,67
Самки	19	3,66±0,15 2,41-5,21	26,9±0,4 25-31	17,2±0,5 13-22	9,0±0,4 6-12	9,7±0,4 7-13	-	1,18±0,03 1,00-1,44	0,66±0,02 0,54-0,77	0,29±0,02 0,17-0,42	0,33±0,02 0,20-0,51	-	2,84±0,05 2,39-3,24
<b>Возраст 5+</b>													
Самцы	35	4,36±0,14 2,91-6,76	27,3±0,4 23-31	14,7±0,3 12-18	9,9±0,2 6-13	8,0±0,3 5-12	8,1±0,3 5-12	1,19±0,02 0,93-1,38	0,59±0,01 0,40-0,75	0,33±0,01 0,20-0,45	0,27±0,03 0,13-0,37	0,28±0,01 0,13-0,50	3,00±0,04 2,65-3,51
Самки	31	3,80±0,12 2,33-5,97	27,6±0,4 22-31	14,7±0,3 12-18	9,5±0,3 5-13	7,6±0,3 5-11	8,2±0,2 5-11	1,18±0,02 0,90-1,45	0,59±0,02 0,43-0,74	0,30±0,02 0,18-0,50	0,25±0,01 0,16-0,41	0,29±0,01 0,18-0,48	2,93±0,05 2,44-3,57

**Таблица 2.** Характеристика чешуи производителей кеты (самок и самцов вместе) разного возраста. Над чертой — среднее значение и его ошибка, под чертой — предел варьирования

**Table 2.** Characteristics of the scales of chum salmon producers (females and males together) of different ages. Above the line — the mean value and its error, below the line — the limit of variation

Рыбы, шт.	Масса рыб, кг	Склеритов до следующего годового кольца, шт.					Ширина зоны чешуи до следующего годового кольца, мм					Длина радиуса, чешуи, мм
		1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	
69	2,21±0,04	27,4±0,3	17,9±0,3	—	—	—	1,20±0,02	0,71±0,01	—	—	—	2,55±0,03
	1,53–3,77	20–34	13–24	—	—	—	0,85–1,48	0,50–1,01	—	—	—	1,96–3,13
184	3,05±0,05	26,6±0,2	16,0±0,2	11,7±0,2	—	—	1,14±0,01	0,67±0,01	0,44±0,01	—	—	2,74±0,02
	1,61–5,38	19–36	8–23	5–21	—	—	0,80–1,83	0,31–1,07	0,17–0,89	—	—	2,01–3,55
174	3,49±0,06	27,4±0,2	16,2±0,2	9,9±0,1	9,6±0,2	—	1,20±0,01	0,66±0,01	0,35±0,01	0,34±0,01	—	2,95±0,02
	1,87–5,87	22–33	11–23	6–15	6–19	—	0,81–1,49	0,38–0,93	0,16–0,59	0,15–0,68	—	2,26–3,79
66	4,10±0,10	27,4±0,3	14,7±0,2	9,8±0,2	7,8±0,2	8,1±0,2	1,18±0,02	0,59±0,01	0,32±0,01	0,26±0,01	0,29±0,01	2,97±0,03
	2,33–6,76	22–31	12–18	5–13	5–12	5–12	0,90–1,45	0,40–0,75	0,18–0,50	0,13–0,41	0,13–0,50	2,44–3,57

Примечание: \* — полужирным шрифтом выделены средние значения, достоверно отличающиеся от остальных значений этого же года.  
Note: \* — Mean values that are significantly different from other values of the same year are highlighted in bold.

дах кеты делали многократно, исследуя производителей, фактически, из всех регионов воспроизводства [Kobayashi, 1961; Ковтун, 1983; Кловач, 2003 и др.]. Было установлено, что число склеритов в зоне первого годового кольца, во-первых, у разных особей широко варьирует. Во-вторых, число склеритов у рыб из северных регионов воспроизводства, например, с Североохотоморского побережья или с Северо-восточной Камчатки в среднем оказывается меньше [Бирман, 1968], чем у рыб из более южных регионов — Южных Курильских [Каев, 1981] или Японских о-вов [Кловач, 2003]. Различное число склеритов в зоне первого годового кольца определяется разным временем ската молоди в море «...он начинается в реках Хоккайдо в марте и заканчивается в р. Анадырь в сентябре» [Кловач, 2003; стр. 25].

Первой практической задачей при определении возраста кеты является выявление границы первого годового кольца. Сложность здесь состоит в двух аспектах. Во-первых, первое годовое кольцо у кеты всегда самое крупное. Часть радиуса чешуи, характеризующая это кольцо, оказывается почти в два раза больше части радиуса второго годового кольца и примерно в три раза больше части радиуса третьего, четвертого и пятого годовых колец. Во-вторых, у кеты в зоне первого годового кольца часто проявляется так называемое ложное кольцо, формирование которого связано с относительно суровыми условиями обитания молоди в прибрежье. Эти два признака — размер первого кольца и наличие ложного кольца могут привести к первой ошибке в определении возраста. Избежать этой ошибки поможет подсчёт склеритов. По нашим данным число склеритов в первом годовом кольце у производителей кеты, возвращающихся на нерест в водотоки о. Итуруп варьирует от 19 до 36, что соответствует данным литературы — от 21 до 30 [Каев, 1981], тогда, как ложное кольцо формируется на расстоянии до 15–17 склеритов от центра чешуи. Данные о том, что число склеритов в первом годовом кольце составляет не менее 19, позволяют при определении возраста производителей пренебречь серией сближенных склеритов ложного кольца.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По совокупности полученных данных можно заключить, что размер чешуи, размер каждого из годовых колец, а также число склеритов в годовых кольцах у самцов и самок кеты, воспроизводящейся в водотоках и на рыболовных заводах о. Итуруп, в пределах каждой возрастной группы не различается. Число склеритов, формирующих каждое годовое кольцо, существенно варьирует. Диапазон варьирования при

формировании первого и последующих годовых колец составляет соответственно от 19 до 36, от 8 до 24, от 5 до 21, от 5 до 19 и от 5 до 12. Так же существенно варьирует у разных особей и размер каждого из годовых колец. С возрастом, по мере увеличения длины и массы рыб закономерно увеличивается и размер чешуи. При этом ускорение темпа роста наблюдается в течение года, предшествующего половому созреванию. В результате число склеритов в последнем годовом кольце, а также размер этого кольца у рыб, достигающих полового созревания всегда больше, чем у рыб этого же возраста, но остающихся в море для продолжения нагула.

## Благодарности

Авторы выражают благодарность мастерам перерабатывающих комплексов «Рейдово» и «Ясный» за помощь при проведении биологических анализов.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических норм

Чешую для исследования брали из биологических анализов, для проведения которых использовали рыбу только из промысловых уловов.

## Финансирование

Работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бирман И.Б. 1968. Некоторые особенности линейного роста и структуры чешуи тихоокеанских лососей // Известия ТИНРО. Т. 64. С. 9–34.
- Горяинов А.А., Лысенко А.В., Шатилина Т.А. 2008. Половозрелые двухлетки (0.1) кеты из зал. Петра Великого (Приморский край) // Бюлл. № 3 «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 75–78.
- Ельников А.Н., Зеленников О.В. 2023 а. О состоянии промыслового стада кеты *Oncorhynchus keta* и прогнозировании её численности у острова Итуруп // Известия ТИНРО. Т. 203. № 1. С. 58–74.
- Ельников А.Н., Зеленников О.В. 2023 б. О плодовитости кеты *Oncorhynchus keta* промыслового стада у острова Итуруп // Известия ТИНРО. Т. 203. № 4.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 2011. Лососеводство в зарубежных странах северотихоокеанского региона // Исследо-

- вания водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 22. С. 28–48.
- Зелеников О.В., Мякишев М.С., Ворожцова А.А., Мартынова А.А., Седунов П.А. 2023. Сравнительный анализ производителей кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) природного и заводского происхождения, выявленных в общем стаде по результатам отолитного маркирования // Вопросы ихтиологии. Т. 63. № 4. С. 418–425.
- Каев А.М. 1981. Возраст и рост кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaim) острова Итуруп // Вопросы ихтиологии. Т. 21. № 6. С. 1023–1089.
- Каев А.М. 2003. Особенности воспроизводства кеты в связи с её размерно-возрастной структурой. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 287 с.
- Каев А.М., Игнатьев Ю.И. 2013. Методические аспекты прогнозирования численности кеты заводского происхождения в Сахалинской области // Бюл. № 8 реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО. С. 78–82.
- Кловач Н.В. 2003. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты. М.: Изд-во ВНИРО. 164 с.
- Ковтун А.А. 1983. Структура чешуи осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) (Salmonidae) из рек Сахалина // Вопросы ихтиологии. Т. 23. № 6. С. 927–932.
- Леман В.Н. Смирнов, Б.П. Точилина Т.Г. 2015. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Труды ВНИРО. Т. 153. С. 105–120.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 374 с.
- Свиридов В.В., Темных О.С., Заволокин А.В., Панченко Е.А., Путивкин С.В. 2004. Межгодовая динамика биологических показателей и структуры чешуи анадырской кеты // Известия ТИНРО. Т. 139. С. 61–77.
- Хованский И.Е. 2005. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства: на примере искусственного разведения тихоокеанских лососей на Северном побережье Охотского моря. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Хабаровск. 48 с.
- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во Акад. наук СССР. 164 с.
- Clutter R.I., Whitesel L.E. 1956. Collection and interpretation of sockeye salmon scales // Int. Pacific Salmon Fish. Comm. V. 159 p.
- Kobayashi T. 1961. Biology of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walb.) by the growth formula of scale // Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery. V. 16. P. 1–102.
- Salo E.O. 1991. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) // Pacific salmon life histories / Groot C., Margolis L., eds. UBC Press, Vancouver, British Columbia. P. 233–309.
- Elnikov A.N., Zelennikov O.V. 2023 б. On the state of the commercial herd of chum salmon *Oncorhynchus keta* and forecasting its abundance near Itupup Island // Izvestiya TINRO. V. 203. № 1. P. 58–74. (In Russ.).
- Zaporozhets G.V., Zaporozhets O.M. 2011. Salmon farming in foreign countries of the North Pacific region // Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean. V. 22. P. 28–48. (In Russ.).
- Zelennikova O.V., Myakishchev M.S., Vorozhtsov A.A., Martynova A.S., Sedunov P.A. Comparative analysis of natural- and hatchery-origin chum salmon *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) spawners identified in mixed stock with otolith marking // Voprosy ikhtiologii. V. 63. № 4. P. 418–425. (In Russ.).
- Kaev A.M. 1981. Age and growth of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walbaim) of Iturup Island // Voprosy ikhtiologii. V. 21. № 6. P. 1023–1089. (In Russ.).
- Kaev A.M. 2003. Peculiarities of chum salmon reproduction in connection with its size and age structure. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO Publish. 287 p. (In Russ.).
- Kaev A.M., Ignatiev Yu.I. 2013. Methodological aspects of forecasting the number of chum salmon of hatchery origin in the Sakhalin region // Bul. No. 8 «Concepts of the Far East Basin Program for the Study of Pacific Salmon». P. 78–82. (In Russ.).
- Klovach N.V. 2003. Ecological consequences of large-scale farming of chum salmon. Moscow: VNIRO Publish. 164 s. (In Russ.).
- Kovtun A.A. 1983. Structure of scales of autumn chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walb.) (Salmonidae) from the rivers of Sakhalin // Voprosy ikhtiologii. V. 23. № 6. P. 927–932. (In Russ.).
- Leman V.N. Smirnov, B.P. Tochilina T.G. 2015. Pasture salmon farming in the Far East: current state and existing problems // Trudy VNIRO. V. 153. P. 105–120. (In Russ.).
- Pravdin I.F. 1966. Manual for the study of fishes. Moscow: Food industry. 374 p. (In Russ.).
- Sviridov V.V., Temnykh O.S., Zavolokin A.V., Panchenko E.A., Putivkin S.V. 2004. Interannual dynamics of biological parameters and scale structure of Anadyr chum salmon // Izvestiya TINRO. V. 139. P. 61–77. (In Russ.).
- Khovansky I.E. 2005. Ecological, physiological and biotechnological factors of salmon farming efficiency: Using the example of artificial breeding of Pacific salmon on the Northern coast of the Sea of Okhotsk. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Khabarovsk. 48 pp. (In Russ.).
- Chugunova N.I. 1959. A manual for the study of age and growth of fish. Moscow: AS of the USSR Publishing house. 164 p. (In Russ.).
- Clutter R.I., Whitesel L.E. 1956. Collection and interpretation of sockeye salmon scales // Int. Pacific Salmon Fish. Comm. V. 159 p.
- Kobayashi T. 1961. Biology of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walb.) by the growth formula of scale // Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery. V. 16. P. 1–102.
- Salo E.O. 1991. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) // Pacific salmon life histories / Groot C., Margolis L., eds. UBC Press, Vancouver, British Columbia. P. 233–309.

## REFERENCES

Поступила в редакцию 12.12.2023 г.  
Принята после рецензии 16.08.2024 г.