

УДК 597.552.51–154(282.257.4)

В.Ф. Бугаев, Н.А. Растягаева, Т.Н. Травина*

Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

**О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА СЕЗОННЫЙ РОСТ
ГОДОВИКОВ КИЖУЧА *ONCORHYNCHUS KISUTCH*
В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. БОЛЬШОЙ В 2007–2018 ГГ.**

Влияние температуры воды в нижнем течении р. Большой на формирование линейных размеров и прирост числа склеритов после годового кольца в краевой зоне чешуи (в «плюсе») у годовиков кижуча при подразделении сезонов нагула на «холодные» и «теплые» годы не очень значительно. В зависимости от критериев разделения на «холодные» и «теплые» годы не во все периоды сезона роста влияние температуры было однозначным. Полученные результаты можно объяснить достаточно низкими средними температурами воды в реке в весенне-летне-осенний период (в мае — 6,44 °С; июне — 8,80; июле — 11,83; августе — 12,25; сентябре — 10,10; в октябре — 6,33 °С) приближающимися к нижней границе оптимальных для молоди кижуча значений, пределы которых по данным разных авторов составляют 11,5–16,8 °С. Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) из нижнего течения р. Большой по материалам 2007–2018 гг. показал, что в период 20–90 сут (от точки отсчета 15 мая) в «теплые» годы молодь кижуча лишь немного крупнее (средние размеры в одни и те же числа лова больше всего на 2–5 мм), чем в «холодные», а число склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча в разные даты сбора (от 15 мая) в период 20–120 сут всегда больше, чем в «холодные». На дату сбора «20 сут» прирост после годового кольца на чешуе в среднем составил 0,77 в «теплые» и 0,51 склерита в «холодные» годы, а на дату сбора «120 сут» — 10,39 в «теплые» и 10,13 склерита в «холодные» годы. В «теплые» и в «холодные» годы один склерит в период 20–120 сут формируется в среднем за 10,40 сут. Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) по материалам 2007–2018 гг. в период с середины мая (0 сут) по конец августа (100 сут) показал достаточно сильное совпадение размеров тела рыб, а число склеритов в «теплые» годы в «плюсе» у годовиков кижуча не всегда больше, чем в «холодные». Полученные различия в длине тела и числе склеритов у годовиков кижуча (независимо от критериев подразделения на «теплые» и «холодные» годы) находятся на уровне статистических ошибок средних значений длины тела и числа склеритов, полу-

* Бугаев Виктор Федорович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: bugaev.v.f@kamniro.ru; Растягаева Надежда Алексеевна, заведующая лабораторией, e-mail: rasytyagaeva@kamniro.ru; Травина Татьяна Николаевна, научный сотрудник, e-mail: travina.t.n@kamniro.ru.

Bugaev Victor F., D.Biol., leading researcher, Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO), 18 Naberezhnaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia, e-mail: bugaev.v.f@kamniro.ru; Rastyagaeva Nadezhda A., head of laboratory, Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO), 18 Naberezhnaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia, e-mail: rastyagaeva@kamniro.ru; Travina Tatiana N., researcher, Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO), 18 Naberezhnaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia, e-mail: travina.t.n@kamniro.ru.

ченных при обработке собранных материалов. Поэтому в дальнейшем рекомендовано вести исследования межгодовых показателей молоди кижуча в р. Большой на объединенных материалах, не разделяя их на нагуливавшихся в «теплые» и «холодные» годы.

Ключевые слова: молодь кижуча, возраст, склериты, пресноводный период, длина тела, температура воды, холодные и теплые годы.

DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-49-63.

Bugaev V.F., Rastyagaeva N.A., Travina T.N. On the problem of water temperature influence on seasonal growth of juvenile coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in the lower reaches of the Bolshaya River in 2007–2018 // *Izv. TINRO*. — 2019. — Vol. 199. — P. 49–63.

The water temperature difference between relatively cold and warm years is not significant for somatic growth and number of sclerites in the external zone of scale out of the annual ring («plus zone») for yearlings of coho salmon in the lower stream of the Bolshaya River (West Kamchatka). The temperature effect is ambiguous and depends on month. In 20 days since May 15, number of the sclerites formed in this zone is definitely higher in warm years (0.77 sclerites, on average) than in cold years (0.51 sclerites), but in 120 days the difference almost disappears: 10.39 sclerites in warm years and 10.13 sclerites in cold years. So, each scleritis forms in approximately 10.4 days during June–August, no matter either warm or cold year it is. In September, the number of sclerites in the «plus zone» could be even smaller in some warm years than in some cold years. The temperature effect absence can be explained by low temperature in the river during the whole period from May to October (6.44 °C in May, 8.80 °C in June, 11.83 °C in July, 12.25 °C in August, 10.10 °C in September, and 6.33 °C in October, on average), that is close to the lowest limit of the optimal temperature range for coho juveniles (11.5–16.8 °C). Difference of the yearlings body length is also insignificant: in the period of 20–90 days from May 15 of 2007–2018, their mean body length increased in 2–5 mm more in the years with temperature above the norm in July than in the years with temperature below the norm, but within the period from middle May to late August the increments values coincide frequently for both types of years. All differences in the body length and number of sclerites between the coho yearlings in warm and cold years do not exceed the level of statistical errors. That's why merging of all materials on juvenile coho salmon in the Bolshaya River is recommended, without their separation to cohorts of warm and cold years.

Key words: juvenile coho salmon, age, scleritis, freshwater period, body length, cold year, warm year.

Введение

Кижуч р. Большой — важный объект промышленного лова на Камчатке, правильное определения возраста которого необходимо для ежегодного прогнозирования его численности [Зорбиди, 1974, 2010; и др.].

Сезонные ритмы роста в пресноводный и морской периоды жизни проявляются на чешуе рыб в образовании годовых колец (годовых зон сближенных склеритов — годовых ЗСС). К их появлению ведет возобновление роста после его остановки в определенное время года, которая в пресных водоемах у молоди тихоокеанских лососей длится до 5–7 мес. и более. По принятой классификации [Никольский, 1974; Мина, 1976; Ваганов, 1978; Бугаев, 1995; и др.] отметки на регистрирующих структурах у рыб (в нашем случае — ЗСС на чешуе), образующиеся в период уже начавшегося сезонного роста, считаются дополнительными образованиями.

В процессе своей научной деятельности определение продолжительности пресноводного периода жизни кижуча Ж.Х. Зорбиди [1974, 2010; и др.] всегда проводила без учета современных представлений о сезонном росте рыб [Никольский, 1974; Мина, 1976; Мина, Клевезаль, 1976; Бугаев, 1995; и др.].

В итоге в результате многолетних работ Ж.Х. Зорбиди пришла к выводу, что у кижуча нет никаких закономерностей в формировании годовых колец на чешуе [Зорбиди, 2010, с. 250]: «...закладка годового кольца на чешуе молоди происходит в разное время, и установить какой-то единый срок невозможно из-за ряда факторов, влияющих на этот процесс. В целом, временем образования годового кольца следует считать период с марта по август...»

Изучение сезонного роста молоди кижуча р. Большой, проведенное другими специалистами, основанное на современных представлениях о росте рыб [Никольский, 1974; Мина, 1976; Мина, Клевезаль, 1976; Бугаев, 1995; и др.], показало [Бугаев, Ярош, 2014а], что у этого вида наблюдаются те же самые закономерности в сезонном росте, что и у других видов лососей в данной реке. Возобновление сезонного роста и закладка годового кольца у годовиков симы [Захарова, Бугаев, 2013], чавычи [Бугаев, Ярош, 2014б] и нерки [Бугаев и др., 2018] в нижнем течении р. Большой в массе происходили в конце мая — начале июня.

По результатам анализа материалов за 2007–2012 гг. исследователями была построена линия сезонного прироста числа склеритов на чешуе годовиков кижуча во второе лето жизни (в «плюсе») [Бугаев, Ярош, 2014а]. Полученные данные позволили более объективно оценивать возраст молоди кижуча не только р. Большой, но и всех рек западной Камчатки. В этих реках молодь кижуча в теплый период года нагуливается в условиях ниже и приближающихся к нижней границе оптимальных температур воды, пределы которой по данным разных авторов составляют 11,5–16,8 °С [Weber Scannell, 1992].

В 2013 г. материалы не собирали, но в 2014–2018 гг. сборы были продолжены. Настоящая работа подводит итоги исследований сезонного роста чешуи годовиков кижуча в нижнем течении р. Большой на материалах 2007–2018 гг. в зависимости от температур воды в реке, подразделенных на «холодные» и «теплые» годы, так как известно, что в «холодные» годы возобновление сезонного роста у рыб происходит позже, чем в «теплые» [Никольский, 1974; Мина, Клевезаль, 1976; Ваганов, 1978; Бугаев, 1995; Бугаев и др., 2007; и др.].

Не исключено, что в годы, различающиеся по температурным условиям, у молоди кижуча могут существовать разные стратегии сезонного роста, которые можно оценить по структуре чешуи. Подобные уточнения, безусловно, интересны как в теоретических, так и в практических аспектах определения возраста и развития рыбоводства.

Материалы и методы

Молодь тихоокеанских лососей (в том числе и кижуча) отлавливали с левого берега в 30 км от устья р. Большой в районе станции «Трос», которую организовало КамчатНИРО. Для этого трос длиной 140 м был переброшен с берега и до острова на акватории реки (общая ширина реки в данном месте 220 м). Здесь раз в месяц уже много лет сотрудники КамчатНИРО через каждые 3 ч (с 15 час первого дня и по 12 час следующего дня) берут суточные пробы дрейфа, одновременно измеряют поверхностную температуру воды в реке и рассчитывают ее среднее суточное значение.

Лов молоди осуществляли 10-метровым мальковым неводом с размером ячеи 5 мм. Рыб после поимки для дальнейшей обработки фиксировали в 10 %-ном формалине.

При проведении биологического анализа чешую у молоди тихоокеанских лососей брали выше боковой линии между спинным и жировым плавниками по методике Клаттера и Уайтсела [Clutter, Whitesel, 1956]. Чешую просматривали под микроскопом МБС-1 (объектив — 4–7, окуляр — 8), оборудованным видеокамерой фирмы «Levenhuk» Model C510.

Для лучшего восприятия материалов статьи на рис. 1–4 представлены фотографии чешуи годовиков кижуча, пойманных в нижнем течении р. Большой в разные даты сезонного роста.

Для подсчета количества склеритов и определения возраста выбирают чешую с наиболее четкими ЗСС, с неразрушенным центром и максимальным числом склеритов в первой зоне роста, включая склериты первой ЗСС. Просмотр чешуи и подсчет склеритов на чешуе молоди (и половозрелых рыб) производят в зоне длиннейшей оси чешуи (но не по ней) с отклонениями от этой оси не более 20°. При этом учитывают все склериты в ЗСС (включая самые тонкие), которые пересекают линию просмотра, проведенную от центра чешуи к ее краю [Бугаев, 1995].

При статистической обработке в случае, если годовое кольцо только сформировалось и на чешуе не наблюдалось видимого прироста «новых» склеритов, прирост



Рис. 1. Нижнее течение р. Большой, кижуч, 25.05.2010 г., годовик (годовое кольцо только образовалось), АС — 81 мм, самец

Fig. 1. Scale of coho yearling caught in the lower reaches of the Bolshaya River on May 25, 2010 (annual ring just formed), AC 81 mm, male

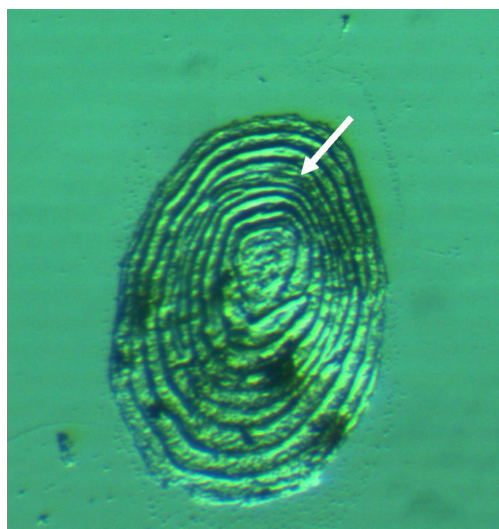


Рис. 2. Нижнее течение р. Большой, кижуч, 13.07.2007 г., возраст 1+, АС — 75 мм. После годового кольца на чешуе отмечено 4 широких склерита нового роста — «плюс»

Fig. 2. Scale of coho yearling caught in the lower reaches of the Bolshaya River on July 13, 2007 (age 1+), AC 75 mm: 4 wide sclerites are in the zone of new growth after the annual ring

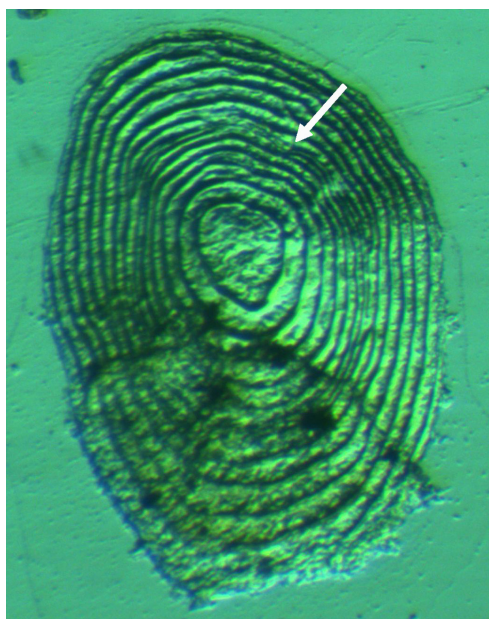


Рис. 3. Нижнее течение р. Большой, кижуч, 27.07.2007 г., возраст 1+, АС — 97 мм. После годового кольца на чешуе отмечено 6 широких склеритов нового роста — «плюс»

Fig. 3. Scale of coho yearling caught in the lower reaches of the Bolshaya River on July 27, 2007 (age 1+), AC 97 mm: 6 wide sclerites are in the zone of new growth after the annual ring

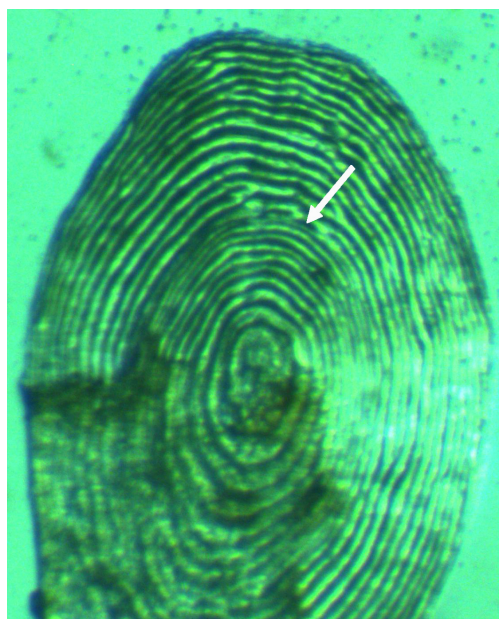


Рис. 4. Нижнее течение р. Большой, кижуч, 05.09.2009 г., возраст 1+, АС — 112 мм. После годового кольца на чешуе отмечено 13–14 широких склеритов нового роста — «плюс»

Fig. 4. Scale of coho yearling caught in the lower reaches of the Bolshaya River on September 5, 2009 (age 1+), AC 112 mm: 13–14 wide sclerites are in the zone of new growth after the annual ring

считали равным «0». В случаях, когда сезонный рост еще не начался и годового кольца на чешуе не наблюдали (без годового кольца), прирост считали равным «-1». Более подробно принципы определения возраста у молоди тихоокеанских лососей с иллюстрациями опубликованы в ранних работах [Бугаев, 1995; Бугаев и др., 2007, 2018; Захарова, Бугаев, 2013; Бугаев, Ярош, 2014а, б и др.].

При построении линий регрессии авторы использовали отсчет времени (сутки) от условной даты 15 мая, как это делали ранее для молоди нерки, симы, кижуча, чавычи [Бугаев, 1995; Захарова, Бугаев, 2013; Бугаев, Ярош, 2014а, б; Бугаев и др., 2018]. В принципе, условная дата может быть любой, но принятие названной даты отсчета позволяет с единых позиций проводить межвидовые сравнения сроков возобновления сезонного роста (после его остановки) и формирования годовых колец у молоди тихоокеанских лососей в водоемах Камчатки.

Статистическая обработка материалов [Лакин, 1990] проведена в среде Windows в программе Microsoft Office Excell.

Результаты и их обсуждение

В нижнем течении р. Большой ловятся сеголетки, годовики и двухгодовики кижуча, но наиболее многочисленны годовики [Бугаев, Ярош, 2014а]. В данном случае они и послужили объектом исследования, так как для анализа других возрастных групп желательнее еще дополнительное накопление имеющихся материалов.

Изучение сезонного роста размеров и структуры чешуи годовиков кижуча на станции «Трос» уже проводили на материалах 2007–2012 гг. Так, у годовиков кижуча тренд изменений длины тела (АС) характеризовала линия регрессии ($r = 0,663$, $P < 0,01$); число склеритов в первый год роста — $r = -0,493$ ($P < 0,05$); число склеритов в краевой зоне чешуи («плюсе») после возобновления сезона роста — $r = 0,958$ ($P < 0,001$) [Бугаев, Ярош, 2014а].

В случае привлечения материалов за 2007–2012 гг., собранных до возобновления сезона роста, в краевой зоне чешуи у годовиков кижуча наблюдается сезонное увеличение числа склеритов в «плюсе», которое хорошо характеризовала S-образная линия полинома 3-й степени — $R^2 = 0,9732$ [Бугаев, Ярош, 2014а].

С учетом новых материалов, собранных на станции «Трос» в 2014–2018 гг., авторами был проведен повторный анализ найденных ранее связей на сборах 2007–2018 гг.

В таблице приведены данные о длине тела и числе склеритов в зонах пресноводного роста чешуи кижуча возраста 1+, собранного в нижнем течении р. Большой в 2007–2018 гг. Материалы по годовикам кижуча за 2007–2012 гг. приведены из ранее опубликованной работы [Бугаев, Ярош, 2014а], но дополнены значением ошибки средних значений длины тела и числа склеритов.

На рис. 5 представлена S-образная взаимосвязь (выраженная полиномом 3-й степени) между датой вылова (число суток после 15 мая) и средней длиной у молоди кижуча возраста 1+ р. Большой по материалам 2007–2018 гг. ($R^2 = 0,6314$). В первый период (–30–110 сут) с течением времени (в более поздние даты) наблюдается некоторое увеличение средних значений длины тела, но позже намечается изменение характера связи (рис. 5). Накопление материалов, собранных в поздние даты, близких к окончанию сезона роста, позволит в дальнейшем уточнить этот вопрос.

На рис. 6 иллюстрирована линейная взаимосвязь между датой вылова (число суток после 15 мая) и средним числом склеритов в первый год роста у молоди кижуча возраста 1+ р. Большой по материалам 2007–2018 гг. Как можно видеть (рис. 6), эта взаимосвязь имеет негативный слабый недостоверный тренд ($r = -0,262$, $P > 0,05$, $n = 40$).

Наибольший интерес в изучении роста чешуи молоди кижуча р. Большой представляет анализ приростов краевой зоны чешуи, где у годовиков кижуча наблюдается высоко достоверная S-образная зависимость [Бугаев, Ярош, 2014а], имеющая практический характер для определения возраста этого вида рыб (рис. 7).

Несмотря на то что данная зависимость уже была выявлена ранее [Бугаев, Ярош, 2014а], авторы настоящей статьи предположили, что привлечение новых материалов

Длина тела и число склеритов в зонах пресноводного роста чешуи молоди кижуча возраста 1+ в нижнем течении р. Большой (станция «Грос») в 2007–2018 гг.

Body length and number of sclerites in the zones of freshwater growth on scale of coho yearlings caught in the lower reaches of the Bolshaya River (station Tros) in 2014–2018

Дата вылова (условная дата от 15 мая, сут)	Длина тела, мм		Число склеритов				Число рыб
	Пределы	Средняя \pm ошибка	Первый год		Второй год («плюс»)		
			Пределы	Среднее \pm ошибка	Пределы	Среднее \pm ошибка	
14.05.2018 (-1)	56–82	69,00 \pm 13,04	8–10	9,00 \pm 1,00	Б.к.* — б.к.	-1,00 \pm 0,00	2
25.05.2011 (10)	62–105	83,87 \pm 2,81	8–16	11,35 \pm 0,40	Б.к. — 3	0,26 \pm 0,24	23
27.05.2009 (12)	57–92	75,67 \pm 3,69	6–11	9,11 \pm 0,63	Б.к. — 0	-0,44 \pm 0,18	9
28.05.2008 (13)	50–90	68,75 \pm 1,96	6–10	8,04 \pm 0,21	Б.к. — 1	-0,33 \pm 0,14	24
28.05.2014 (13)	72–93	82,50 \pm 3,45	10–12	11,17 \pm 0,40	Б.к. — 2	0,17 \pm 0,48	6
08.06.2016 (24)	53–113	77,29 \pm 5,10	7–12	9,00 \pm 0,41	Б.к. — 2	0,29 \pm 0,29	14
10.06.2016 (26)	62–108	77,92 \pm 2,44	7–12	8,03 \pm 0,33	Б.к. — 3	0,79 \pm 0,23	24
13.06.2012 (29)	71–104	87,29 \pm 2,86	8–13	10,36 \pm 0,42	Б.к. — 3	0,93 \pm 0,30	14
16.06.2010 (32)	66–109	96,28 \pm 2,82	8–15	11,06 \pm 0,47	0–4	2,39 \pm 0,26	18
16.06.2016 (32)	81–108	94,00 \pm 4,61	4–9	7,80 \pm 0,20	1–3	1,80 \pm 0,49	5
19.06.2007 (35)	67–98	76,25 \pm 7,47	6–10	7,50 \pm 0,95	1–3	2,25 \pm 0,48	4
22.06.2016 (38)	64–90	81,00 \pm 2,41	4–9	6,27 \pm 0,43	2–6	3,82 \pm 0,54	11
24.06.2010 (40)	70–123	94,43 \pm 2,96	6–15	11,00 \pm 0,50	1–6	3,52 \pm 0,27	23
24.06.2014 (40)	93–96	94,50 \pm 1,50	12–14	13,00 \pm 1,00	0–5	2,50 \pm 2,51	2
26.06.2008 (42)	79–117	93,00 \pm 3,00	6–13	9,08 \pm 0,31	Б.к. — 4	1,80 \pm 0,28	25
26.06.2014 (42)	75–115	96,50 \pm 2,03	7–13	11,33 \pm 0,26	2–6	3,63 \pm 0,20	30
27.06.2012 (43)	105–108	107,00 \pm 1,00	9–13	11,00 \pm 1,16	2–4	3,33 \pm 0,66	3
03.07.2018 (49)**	103–105	104,00 \pm 1,00	11–11	11,00 \pm 0,00	2–4	3,00 \pm 1,00	2
11.07.2008 (57)	61–106	83,37 \pm 2,31	4–14	7,79 \pm 0,36	1–5	3,21 \pm 0,24	19
13.07.2007 (59)	75–96	86,00 \pm 2,76	5–9	7,63 \pm 0,63	3–5	4,00 \pm 0,19	8
13.07.2011 (59)	77–90	82,75 \pm 2,81	4–11	7,50 \pm 1,55	3–6	4,00 \pm 0,71	4
14.07.2009 (60)	73–105	93,86 \pm 2,39	5–12	8,07 \pm 0,62	3–7	4,50 \pm 0,31	14
17.07.2014 (63)	58–125	87,07 \pm 1,96	3–14	9,85 \pm 0,37	2–7	5,20 \pm 0,16	40
19.07.2012 (65)	88–108	95,89 \pm 1,45	7–11	8,11 \pm 0,26	4–8	6,47 \pm 0,22	19
19.07.2017 (65)	110–135	118,20 \pm 0,33	9–12	10,40 \pm 0,60	5–7	5,80 \pm 0,37	5
21.07.2016 (67)	88–97	92,50 \pm 4,51	9–10	9,50 \pm 0,50	1–2	1,50 \pm 0,50	2
27.07.2007 (73)	94–116	100,00 \pm 1,73	6–11	7,92 \pm 0,40	4–7	5,46 \pm 0,39	13

27.07.2015 (73)	119–119	119,00 ± 0,00	11–11	11,00 ± 0,00	8–8	8,00 ± 0,00	1
12.08.2009 (89)	93–117	103,70 ± 2,52	5–10	8,30 ± 0,62	6–11	8,60 ± 3,16	10
15.08.2008 (92)	99–125	109,16 ± 1,45	5–10	7,61 ± 0,28	6–11	8,19 ± 0,22	31
15.08.2018 (92)	104–121	111,46 ± 1,52	7–11	8,77 ± 0,32	8–12	9,85 ± 0,35	13
16.08.2017 (93)	95–105	100,00 ± 5,01	7–9	8,00 ± 1,41	6–8	7,00 ± 1,00	2
19.08.2015 (96)	87–109	99,50 ± 3,48	9–11	9,83 ± 0,31	5–9	7,67 ± 0,62	6
13.09.2017 (121)	92–121	105,83 ± 4,73	5–12	9,50 ± 2,43	7–11	9,17 ± 0,84	6
14.09.2009 (122)	95–117	105,86 ± 2,73	8–12	9,29 ± 0,57	8–11	10,00 ± 0,43	7
16.09.2015 (124)	101–114	108,43 ± 2,10	8–13	10,71 ± 0,75	7–11	10,29 ± 0,75	7
05.10.2009 (143)	90–116	108,00 ± 3,53	5–10	7,86 ± 0,67	7–13	10,29 ± 0,78	7
12.10.2007 (150)	104–117	112,33 ± 4,18	6–8	7,00 ± 0,58	9–11	10,00 ± 0,58	3

* Б.к. — без годового кольца.

** Нижнее течение р. Большой («крыбалка Залогина»).

позволит адаптировать ее к разным межгодовым температурным условиям роста молоди кижуча в р. Большой, что, возможно, позволит лучше прогнозировать рост годовиков кижуча во второй год роста — в «плюсе».

По среднему числу склеритов в краевой зоне чешуи годовиков кижуча (рис. 7) можно судить, что возобновление сезонного роста и образование годовых колец в нижнем течении р. Большой в среднем происходит в самом конце мая (переход линии регрессии через «0» склеритов в «плюсе»).

С другой стороны, по характеру начала перегиба линии регрессии (рис. 7) можно предполагать, что после 130–140 сут (от точки отсчета 15 мая) в нижнем течении р. Большой у годовиков кижуча происходит окончание сезона роста. Тем не менее в осенний период (100–165 сут) желателен добор первичных материалов, что позволит уточнить предполагаемые сроки остановки роста.

По линии регрессии, для которой приведены соответствующие параметры (рис. 7), в случае необходимости возможно определение средней скорости формирования склеритов в разные периоды сезонного роста. Расчеты по формуле полинома 3-й степени показали (рис. 7), что в период 20–120 сут (считая от 15 мая) один склерит на чешуе в «плюсе» у годовиков кижуча формируется в среднем за 10,31 сут.

На рис. 8 представлены межгодовые колебания среднемесячной температуры воды в р. Большой на станции «Трос» по результатам измерений их сотрудниками КамчатНИРО в 2004–2018 гг. Имеющиеся материалы уже позволяют провести анализ сезонного роста чешуи годовиков кижуча в зависимости от температуры воды в р. Большой в «холодные» и «теплые» годы.

По наблюдениям сотрудников КамчатНИРО на материалах 2004–2018 гг. среднемесячные температуры воды в р. Большой на станции «Трос» составили: в мае — 6,44 °С; июне — 8,80; июле — 11,83; августе — 12,25; сентябре — 10,10 и в октябре — 6,33 °С. С учетом, что интервал оптимальных температур воды для молоди нерки составляет 10,5–14,8 °С, чавычи — 7,5–17,5, кижуча — 11,5–16,8 °С [Weber Scannell, 1992], а минимальные, при которых у молоди лососей происходит сезонное возобновление роста, — более 5–6 °С [Бретт, 1983], данную станцию по среднемесячным температурам следует признать достаточно холодноводной. Тем не менее температурные условия нагула рыб в месте ее расположения вполне пригодны для успешного обитания и роста молоди тихоокеанских лососей.

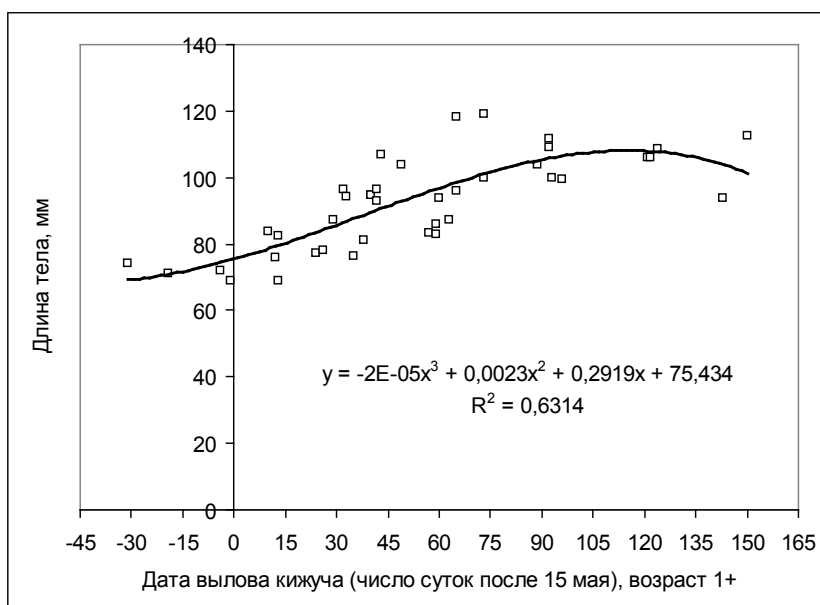


Рис. 5. Взаимосвязь между датой вылова (число суток после 15 мая) и средней длиной тела у молоди кижуча возраста 1+ р. Большой по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 5. Relationship between the date of catch (number of days since May 15) and mean body length of coho yearlings in the Bolshaya River, on the data for 2007–2018

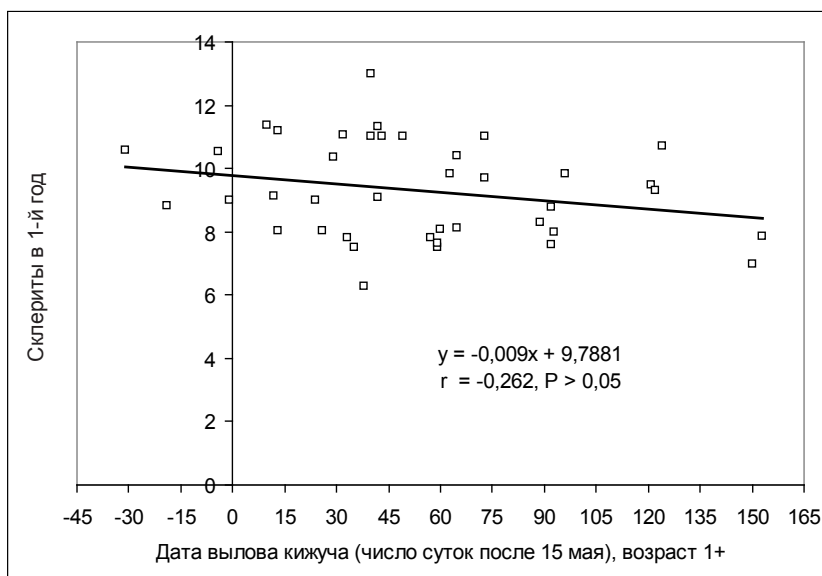


Рис. 6. Взаимосвязь между датой вылова (число суток после 15 мая) и средним числом склеритов в первый год роста у молоди кижуча возраста 1+ р. Большой по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 6. Relationship between the date of catch (number of days since May 15) and mean number of sclerites formed in the first year of growth for coho yearlings from the Bolshaya River, on the data for 2007–2018

Корреляционный анализ, проведенный между температурами воды в р. Большой в мае-июне, июне-июле, июле-августе, августе-сентябре и сентябре-октябре, показал наличие отрицательных трендов в мае-июне, июне-июле и положительных трендов во все другие периоды. Наиболее значимые положительные достоверные коэффициенты корреляции между температурами воды наблюдаются в августе-сентябре ($r = 0,695$, $P < 0,01$, $n = 14$) и сентябре-октябре ($r = 0,827$, $P < 0,001$, $n = 13$).

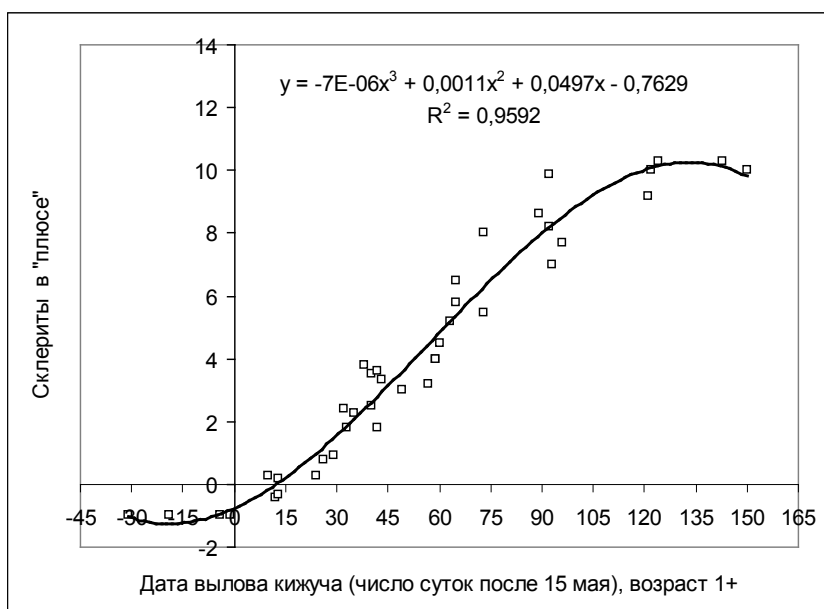


Рис. 7. Взаимосвязь между датой вылова (число суток после 15 мая) и средним числом склеритов в краевой зоне чешуи (в «плюсе») у молоди кижуча возраста 1+ р. Большой по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 7. Relationship between the date of catch (number of days since May 15) and mean number of sclerites in the «plus zone» of scale for coho yearlings from the Bolshaya River, on the data for 2007–2018

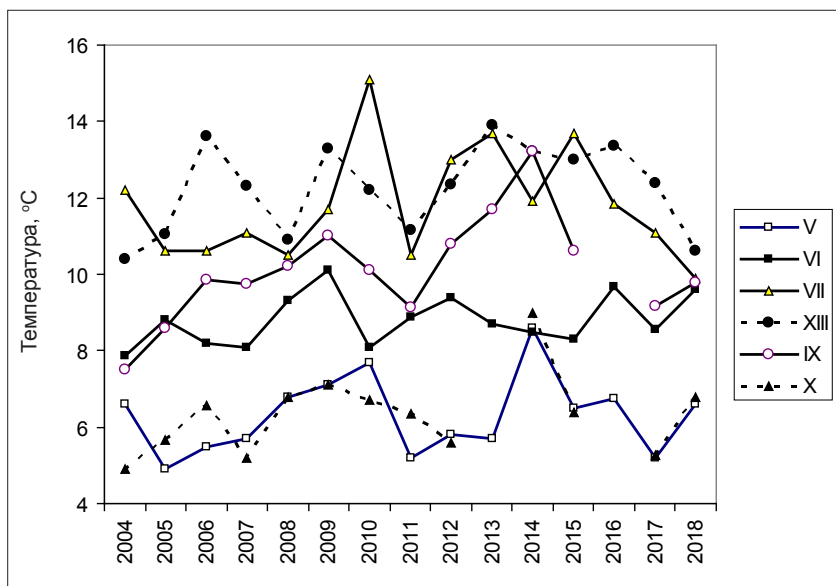


Рис. 8. Среднемесячные температуры воды в р. Большой на станции «Трос» в мае-октябре 2004–2018 гг. (по данным сотрудников КамчатНИРО)

Fig. 8. Monthly mean water temperature in the Bolshaya River at the station Tros in May-October, 2004–2018 (data of KamchatNIRO)

Интересно то, что в июне-июле выделяется две группы точек (рис. 9) с высокими негативными коэффициентами корреляции линий регрессии. Наблюдающееся охлаждение воды в июле с возрастанием температур в июне (рис. 9) в р. Большой объясняется тем, что в случае теплого июня увеличивается сток талых вод в реку, что приводит к снижению температуры воды в ней в июле.

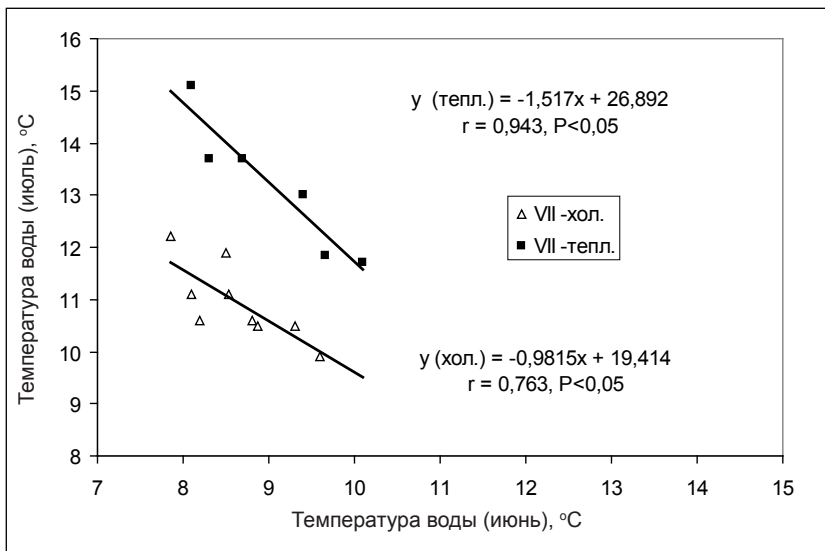


Рис. 9. Взаимосвязь между температурой воды в июне-июле в нижнем течении р. Большой (станция «Трос») в «холодные» и «теплые» годы

Fig. 9. Relationship between water temperature in the lower stream of the Bolshaya River (station Tros) in June-July of cold and warm years

Таким образом, получается, что возобновление сезонного роста молоди лососей (кижуча) в р. Большой в разные годы происходит при достаточно различающихся температурных условиях, что, по предположению авторов, могло отразиться на особенностях сезонного роста рыб в реке.

Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) из р. Большой по материалам 2007–2018 гг. в период 20–90 сут (от точки отсчета 15 мая) показал (рис. 10), что в «теплые» годы молодь кижуча лишь немного крупнее (средние размеры в одни и те же даты лова больше всего на 2–5 мм), чем в «холодные».

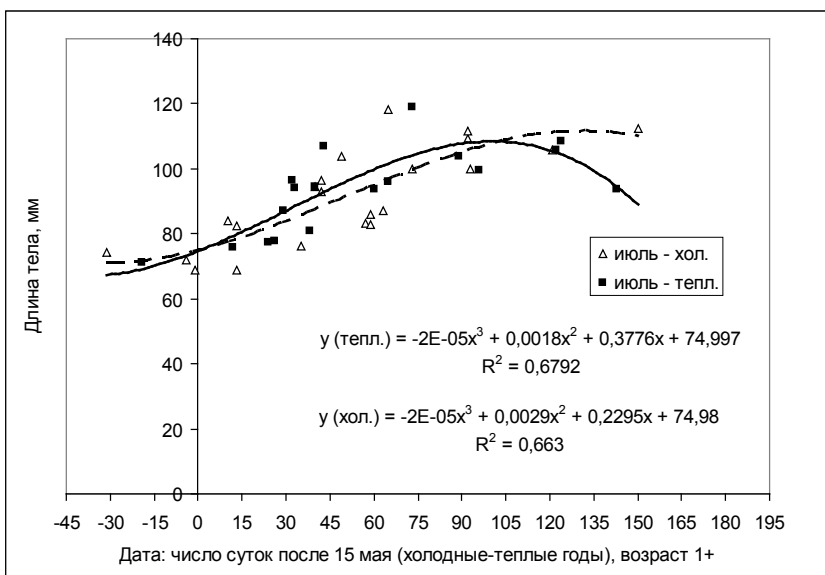


Рис. 10. Взаимосвязь между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча из нижнего течения р. Большой (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 10. Relationship between the date of catch and the body length of coho yearlings in the lower reaches of the Bolshaya River for cold or warm years relative to the water temperature in July, on the data for 2007–2018

Так, например (по формулам связи рис. 10), на дату «20 сут» в «теплые» годы средняя длина рыб составляла 83,11 мм, а в «холодные» — 80,71 мм (разница 2,40 мм); а на дату «70 сут» в «теплые» годы длина рыб была 103,39 мм, а в «холодные» — 98,40 мм (разница 4,99 мм).

Интересно (рис. 10), что ближе к окончанию сезона роста молодь в «холодные» годы имеет несколько бóльшие размеры, чем в «теплые», но отмеченный факт требует своего подтверждения сбором дополнительных материалов в данный период.

Оценка линейной взаимосвязи между датой вылова и средним числом склеритов в первый год роста у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) из р. Большой по материалам 2007–2018 гг. показала в «холодные» годы достоверный негативный коэффициент корреляции ($r = -0,448$, $P < 0,05$, $n = 22$); в «теплые» — коэффициент был недостоверным ($r = 0,032$, $P > 0,05$, $n = 20$). Иллюстративные материалы авторы не приводят.

В «теплые» годы (при подразделении по июльским температурам) число склеритов после годового кольца в «плюсе» у молоди кижуча возраста 1+ в период 20–130 сут в среднем всегда больше, чем в «холодные» (рис. 11).

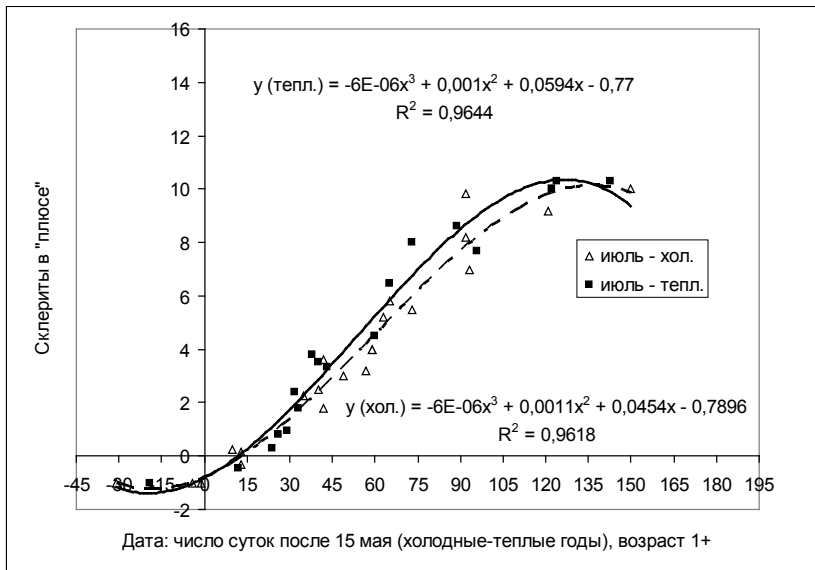


Рис. 11. Взаимосвязь между датой вылова и средним числом склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча из нижнего течения р. Большой (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 11. Relationship between the date of catch and the number of sclerites in the «plus zone» of coho yearlings scale in the lower reaches of the Bolshaya River for cold and warm years relative to the water temperature in July, on the data for 2007–2018

Расчеты показывают, что на дату сбора «20 сут» прирост после годового кольца на чешуе в среднем составил 0,77 в «теплые» и 0,51 склерита в «холодные» годы (разница — 0,26 склерита), на дату «80 сут» — 7,31 в «теплые» и 8,39 склерита в «холодные» годы (разница — 1,08 склерита), на дату «120 сут» — 10,39 в «теплые» и 10,13 склерита в «холодные» годы (разница — 0,26 склерита).

Что в «теплые», что в «холодные» годы один склерит в период 20–120 сут формируется за одно и то же время — 10,40 сут (близкие показатели — 10,31 сут — были получены ранее на объединенных материалах — см. рис. 7).

В период, когда в р. Большой начали наблюдаться достоверные положительные корреляции между среднемесячными температурами воды — в августе-сентябре и сентябре-октябре, авторами также было проведено разделение сезонов нагула на «холодные» и «теплые» годы по температурам воды в сентябре. Среднее значение за сентябрь 2004–2018 гг. равнялось 10,1 °С, поэтому к «холодным» были отнесены годы с температурами $t < 10,1$ °С, а к «теплым» — $t \geq 10,1$ °С.

Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела (рис. 12) у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) из р. Большой по материалам 2007–2018 гг. в период с середины мая (0 сут) по конец августа (100 сут) показал достаточно сильное совпадение размеров тела рыб, независимо от того, к какой категории по температурам относится год нагула. Но ближе к окончанию сезона роста (рис. 12) размеры рыб в «теплые» годы снижались по сравнению с таковыми в «холодные». Сделанное наблюдение требует подтверждения сбором дополнительных материалов в названный период.

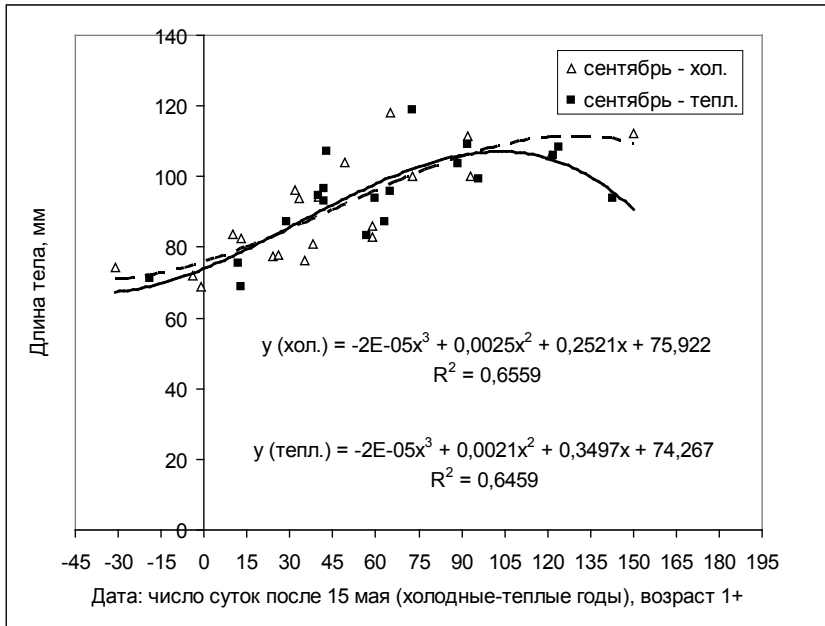


Рис. 12. Взаимосвязь между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча из нижнего течения р. Большой (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 12. Relationship between the date of catch and the body length of coho yearlings in the lower reaches of the Bolshaya River for cold and warm years relative to the water temperature in September, on the data for 2007–2018

Оценка линейной взаимосвязи между датой вылова и средним числом склеритов в первый год роста у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) из нижнего течения р. Большой по материалам 2007–2018 гг. показала недостоверный негативный коэффициент корреляции и в «холодные» годы ($r = -0,393$, $P > 0,05$, $n = 22$), и в «теплые» ($r = -0,126$, $P > 0,05$, $n = 19$). Иллюстративные материалы авторы не приводят.

Анализ взаимосвязи между датой вылова и средним числом склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) из нижнего течения р. Большой по материалам 2007–2018 гг. оказался достаточно однозначным: в период 20–130 сут (см. рис. 11), т.е. практически в течение всего сезона роста, число склеритов в июльские «теплые» годы всегда больше, чем в «холодные».

По сравнению с влиянием температуры воды на рост числа склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча в июле (рис. 11) в сентябре в р. Большой оно более сложно (рис. 13): в начале сезона роста особи кижуча имеют большие приросты в «холодные» годы, чем в «теплые»; затем рост выравнивается, а вторую половину сезона годовики кижуча лучше растут в «теплые» годы по сравнению с таковым в «холодные».

Учитывая изменение характера роста склеритов после 50–65 сут (рис. 13), считаем, что здесь еще желательно привлечение новых материалов.

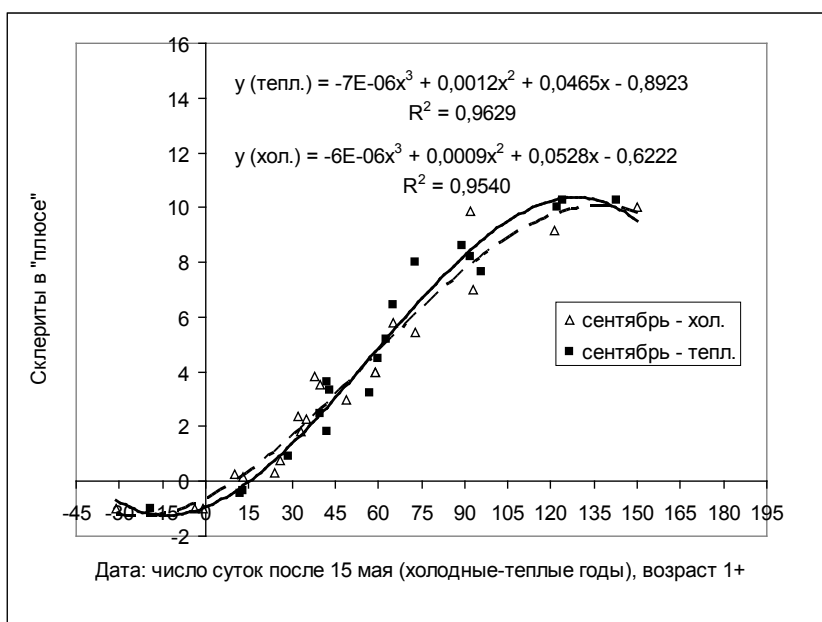


Рис. 13. Взаимосвязь между датой вылова и средним числом склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча из нижнего течения р. Большой (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) по материалам 2007–2018 гг.

Fig. 13. Relationship between the date of catch and the number of sclerites in the «plus zone» of coho yearlings scale (in terms of the «cold» or «warm» years on September temperatures) in the lower part of the Bolshaya River (on the data for 2007–2018)

Заклучение

Проведенный анализ влияния температуры воды в нижнем течении р. Большой на формирование линейных размеров и прирост числа склеритов в «плюсе» на чешуе у годовиков кижуча при подразделении сезонов нагула на «холодные» и «теплые» годы не показал значительных различий во все периоды сезона роста.

Полученные результаты можно объяснить достаточно низкими средними температурами воды в реке в весенне-летне-осенний период (в мае — 6,44 °С; июне — 8,80; июле — 11,83; августе — 12,25; сентябре — 10,10; в октябре — 6,33 °С), приближающимися к нижней границе оптимальных для молоди кижуча значений, пределы которых по данным разных авторов составляют 11,5–16,8 °С.

Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в июле) из р. Большой по материалам 2007–2018 гг. в период 20–90 сут (от точки отсчета 15 мая) показал, что в «теплые» годы молодь кижуча лишь немного крупнее (средние размеры в одни и те же числа лова больше всего на 2–5 мм), чем в «холодные».

В «теплые» годы (при подразделении по температурам в июле) число склеритов после годового кольца в «плюсе» у молоди кижуча возраста 1+ в период 20–130 сут в среднем всегда было больше, чем в «холодные».

Анализ взаимосвязи между датой вылова и длиной тела у годовиков кижуча (при подразделении на «холодные» и «теплые» годы в сентябре) из р. Большой по материалам 2007–2018 гг. в период с середины мая (0 сут) по конец августа (100 сут) показал достаточно сильное совпадение размеров тела рыб независимо от того, к какой категории по температурам относится год нагула.

По сравнению с влиянием температуры воды на рост числа склеритов в «плюсе» у годовиков кижуча в июле в р. Большой в сентябре оно более сложно. В начале сезона роста особи кижуча имеют большие приросты в «холодные» годы, чем в «теплые»; затем рост выравнивается, а вторую половину сезона годовики кижуча лучше растут в «теплые» годы по сравнению с таковым в «холодные».

Привлекает внимание то, что к концу сезона роста размеры годовиков кижуча независимо от критерия разделения (по июлю или сентябрю) в «холодные» годы несколько выше, чем в «теплые». Снижение размеров годовиков кижуча к концу сезона роста можно объяснить их миграцией от места длительного нагула в другие станции (скат в море к этому времени заканчивается). Но здесь еще необходимы уточнения.

Полученные различия в длине тела и числе склеритов у годовиков кижуча в «теплые» и «холодные» годы находятся на уровне ошибок средних значений длины тела и числа склеритов, полученных при статистической обработке собранных материалов (см. таблицу). Поэтому в дальнейшем авторы рекомендуют вести исследования показателей молоди кижуча в р. Большой на объединенных материалах, без разделения их на «теплые» и «холодные» годы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность бывшему научному сотруднику КамчатНИРО Н.В. Ярош за участие в сборе материалов по молоди кижуча р. Большой в 2007–2012 гг.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

Авторы отлавливали минимально необходимое количество молоди кижуча для биологического анализа. Ни одна лишняя рыба не была поймана. Информация о всех пойманных рыбах была включена в статью.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

В.Ф. Бугаев просмотрел все препараты чешуи, разработал концепцию исследования, осуществил написание первой версии статьи и дальнейший ее критический пересмотр и редакцию. Кроме того, он производил фотографирование чешуи и полную статистическую обработку материалов.

Н.А. Растягаева в 2014–2018 гг. участвовала в сборе материалов по молоди кижуча из нижнего течения р. Большой, проводила биологический анализ и набор препаратов чешуи собранных рыб.

Т.Н. Травина в 2014–2018 гг. участвовала в сборе материалов по молоди кижуча из нижнего течения р. Большой, проводила биологический анализ и набор препаратов чешуи собранных рыб.

Список литературы

Бретт Д.Р. Глава 5. Факторы среды и рост // Биоэнергетика и рост рыб. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — С. 275–345.

Бугаев В.Ф. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности) : моногр. — М. : Колос, 1995. — 464 с.

Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О. и др. Рыбы реки Камчатка : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2007. — 459 с.

Бугаев В.Ф., Растягаева Н.А., Травина Т.Н. Вопросы сезонного роста молоди нерки *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : докл. 17–18 междунар. науч. конф. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2018. — С. 42–56.

Бугаев В.Ф., Ярош Н.В. Рост чешуи молоди кижуча р. Большой (западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. — 2014а. — Т. 176. — С. 62–84.

Бугаев В.Ф., Ярош Н.В. Рост чешуи молоди чавычи р. Большой (западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. — 2014б. — Т. 177. — С. 139–151.

Ваганов Е.А. Склеритограммы как метод анализа сезонного роста рыб : моногр. — Новосибирск : Наука, 1978. — 137 с.

Захарова О.А., Бугаев В.Ф. О продолжительности пресноводного периода жизни западнокамчатской симы *Oncorhynchus masou* // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 175. — С. 110–126.

Зорбиди Ж.Х. Динамика численности камчатского кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) и экология его молоди в пресных водах : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО, 1974. — 35 с.

Зорбиди Ж.Х. Кижуч азиатских стад : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2010. — 308 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1990. — 352 с.

Миша М.В. О методике определения возраста рыб при проведении популяционных исследований // Типовые методики исследований продуктивности рыб в пределах их ареалов. — Вильнюс : Мокслас, 1976. — Ч. 2. — С. 31–37.

Миша М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных: анализ на уровне организма : моногр. — М. : Наука, 1976. — 291 с.

Никольский Г.В. Экология рыб : учеб. пособие. — М. : Высш. шк., 1974. — 367 с.

Clutter R.I., Whitesel L.E. Collection and interpretation of sockeye salmon scales : Int. Pacif. Salmon Fish. Comm. — 1956. — Vol. 9. — 159 p.

Weber Scannell P.K. Influence of temperature on freshwater fishes: a literature review with emphasis on species in Alaska : Tech. Rep. № 91-1. — Juneau, Alaska : Alaska Department of Fish and Game, Division of Habitat, 1992. — 47 p.

References

Brett, J.R., Environmental factors and growth, in *Fish Physiology*, vol. 8: *Bioenergetics and Growth*, Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R., Eds., New York: Academic Press, 1979, vol. 10, pp. 599–675.

Bugaev, V.F., *Aziatskaya nerka (presnovodnyi period zhizni, struktura lokal'nykh stad, dinamika chislennosti)* (Asian Sockeye Salmon (Freshwater Life History, Structure of Local Stocks, and Population Dynamics)), Moscow: Kolos, 1995.

Bugaev, V.F., Vronsky, B.B., Zavarina, L.O., Zorbidi, Zh.Kh., Ostroumov, A.G., and Tiller, I.V., *Ryby reki Kamchatka* (Fish of the Kamchatka River), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2007.

Bugaev, V.F., Rastyagaeva, N.A., and Travina, T.N., Issues of seasonal growth of juvenile sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* in the Bolshaya River (western Kamchatka), in *Dokl. 17–18 mezhdunar. nauchn. konf. "Sokhraneniye bioraznoobraziya Kamchatki i prilegayushchikh morei"* (Proc. 17–18th Int. Sci. Conf. "Conservation of Biodiversity in Kamchatka and the Adjacent Seas"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2018, pp. 42–56.

Bugaev, V.F. and Yarosh, N.V., Growth of scale for juvenile coho salmon in the Bolshaya River (West Kamchatka), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014a, vol. 176, pp. 62–84.

Bugaev, V.F. and Yarosh, N.V., Growth of scale for juvenile chinook salmon in the Bolshaya River (West Kamchatka), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014b, vol. 177, pp. 139–151.

Vaganov, E.A., *Skleritogrammy kak metod analiza sezonnogo rosta ryb* (Scleritograms as a Method of Analysis of the Seasonal Growth of Fish), Novosibirsk: Nauka, 1978.

Zakharova, O.A. and Bugaev, V.F., On duration of freshwater period of West Kamchatka masu salmon *Oncorhynchus masou*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 175, pp. 110–126.

Zorbidi, J.H., The dynamics of the abundance of Kamchatka coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) and the ecology of its juveniles in fresh waters, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1974.

Zorbidi, J.H., *Kizhuch aziatskikh stad* (Coho salmon of Asian herds), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2010.

Lakin, G.F., *Biometriya* (Biometrics), 4th ed., Moscow: Vysshaya Shkola, 1990.

Mina, M.V., On the method of determining the age of fish in population studies, in *Tipovye metodiki issledovaniy produktivnosti ryb v predelakh ikh arealov* (Typical Methods for the Study of Productivity of Fishes within Their Ranges), Vilnius: Mokslas, 1976, part 2, pp. 31–37.

Mina, M.V. and Klevezal', G.A., *Rost zhivotnykh: analiz na urovne organizma* (Animal Growth: An Analysis on the Level of Organism), Moscow: Nauka, 1976.

Nikol'skii, G.V., *Ekologiya ryb* (Fish Ecology), Moscow: Vysshaya Shkola, 1974.

Clutter, R.I. and Whitesel, L.E., Collection and interpretation of sockeye salmon scales, *Int. Pac. Salmon Fish. Comm.*, 1956, vol. 9.

Weber Scannell, P.K., Influence of temperature on freshwater fishes: a literature review with emphasis on species in Alaska, *Tech. Rep.*, Juneau, Alaska: Alaska Department of Fish and Game, Division of Habitat, 1992, no 91-1.

Поступила в редакцию 31.07.2019 г.

После доработки 14.08.2019 г.

Принята к публикации 29.10.2019 г.