

Максимальный возраст обыкновенного сига в бассейне реки Печоры

© 2025. Э. И. Бознак, к. б. н., с. н. с., В. И. Пономарев, к. б. н., с. н. с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: boznak@ib.komisc.ru, ponomarev@ib.komisc.ru

В работе проанализированы полученные в 1985–2022 гг. данные о предельном зарегистрированном возрасте обыкновенного сига *Coregonus lavaretus* L., обитающего в бассейне р. Печоры (всего изучено 1948 экз. рыб из 12 водотоков, 18 разнотипных озёр и Коровинской губы Печорского моря). В разных выборках максимальный возраст варьировал от 5+ до 21+. Жилые группировки, как правило, характеризуются более высокими показателями максимального возраста (5+ – 21+, медиана 9) по сравнению с полупроходной формой сига (5+ – 9+, медиана 8). Наибольшие значения (18+ и 21+) зафиксированы у экземпляров сига из труднодоступных водоёмов озёрно-речной системы бассейна р. Малый Паток (приток второго порядка р. Печоры). Теоретический предельный возраст сига, рассчитанный на основе коэффициентов уравнения Берталанфи (k и t_0), описывающего линейный рост сига в разных водоёмах бассейна р. Печоры, варьирует от 12 до 44 лет (в среднем около 25 лет). Существенных различий по этому показателю между полупроходной и жилой формой сига не наблюдается. Максимальный зарегистрированный возраст печорского сига (17+ – 21+) может достигать 70–80% от теоретических значений. По-видимому, основным фактором, ограничивающим продолжительность жизни сига в естественных водоёмах, является влияние рыболовства.

Ключевые слова: обыкновенный сиг, максимальный возраст, бассейн р. Печоры.

Maximum age of *Coregonus lavaretus* in the Pechora River basin

© 2025. E. I. Boznak ORCID: 0000-0001-7049-1472

V. I. Ponomarev ORCID: 0000-0002-0863-736X

Institute of Biology of the Komi Science Centre
of the Ural Branch of the Russian Academy of Science,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: boznak@ib.komisc.ru, ponomarev@ib.komisc.ru

The work analyzes data on the maximum recorded age of *Coregonus lavaretus* caught in different water bodies of the Pechora River basin (a total of 1948 specimens from 12 rivers, 18 different types of lakes and Korovinskaya Bay of the Pechora Sea). Field collections of materials were carried out in the period from 1985 to 2022. In different samples, the maximum age varied from 5+ to 21+. Residential groups are characterized by higher maximum age (5+ – 21+, median 9) compared to the semi-anadromous form of whitefish (5+ – 9+, median 8). The highest values (18+ and 21+) were recorded for whitefish living in hard-to-reach reservoirs of the lake-river system of the Maly Patok River (a second-order tributary of the Pechora River). The catchment area of this river is entirely part of the territory of the Federal National Park “Yugyd va”, included in the UNESCO World Heritage List. Today, this age is apparently the maximum for whitefish in water bodies of the European Northeast of Russia and is close to the limit values for this fish species. The theoretical age limit for whitefish varies from 12 to 44 years (on average about 25 years) and describes the linear growth of whitefish in different reservoirs of the Pechora River basin. It was estimated on the basis of the coefficients of the Bertalanffy equation (k and t_0). A similar value (28–35 years) is obtained if the calculations use seven times the duration of maturation period (4+ – 5+ years). There are no significant differences in the maximum theoretical age between the semi-anadromous and residential forms of the whitefish. The maximum recorded ages of Pechora whitefish (17+ – 21+) can reach 70–80% of theoretical values. Apparently, the main factor limiting the lifespan of whitefish in natural reservoirs is intensive fishing.

Keywords: *Coregonus lavaretus*, maximum age, the Pechora River basin.

Максимальная продолжительность жизни является одной из ключевых характеристик жизненной стратегии и важным показателем, используемым при изучении динамики популяций рыб, оценке их состояния и планировании мероприятий по рациональному использованию рыбных ресурсов [1–3]. Продолжительность жизни значительно варьирует как у представителей различных систематических групп, так и в разных популяциях одного вида [4]. Известно, что длительность жизненного цикла рыб в той или иной степени связана с дефинитивными размерами тела, типом питания, обеспеченностью пищей, скоростью роста, географическим положением и температурными условиями водоёма, уровнем смертности (в том числе промысловой) и другими факторами биотической и абиотической природы [1, 5–7].

Обыкновенный сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) – циркумполярный вид, широко распространённый в озёрах и реках бассейна Северного Ледовитого океана от Баренцева и Белого морей до Чукотки [8, 9]. Обширный ареал этого вида рыб, его высокий внутривидовой полиморфизм и обитание в условиях, различающихся не только по экологическим параметрам, но и по степени антропогенной нагрузки, делают сига удобным объектом для изучения разнообразия реализуемых жизненных стратегий.

В бассейне р. Печоры сиг, представленный малотычинковой формой [10], встречается в большинстве притоков и многих озёрах, расположенных на её водосборе [11, 12]. Однако в водоёмах западных склонов Приполярного и Полярного Урала этот вид встречается спорадически [13]. В этом районе наибольшее

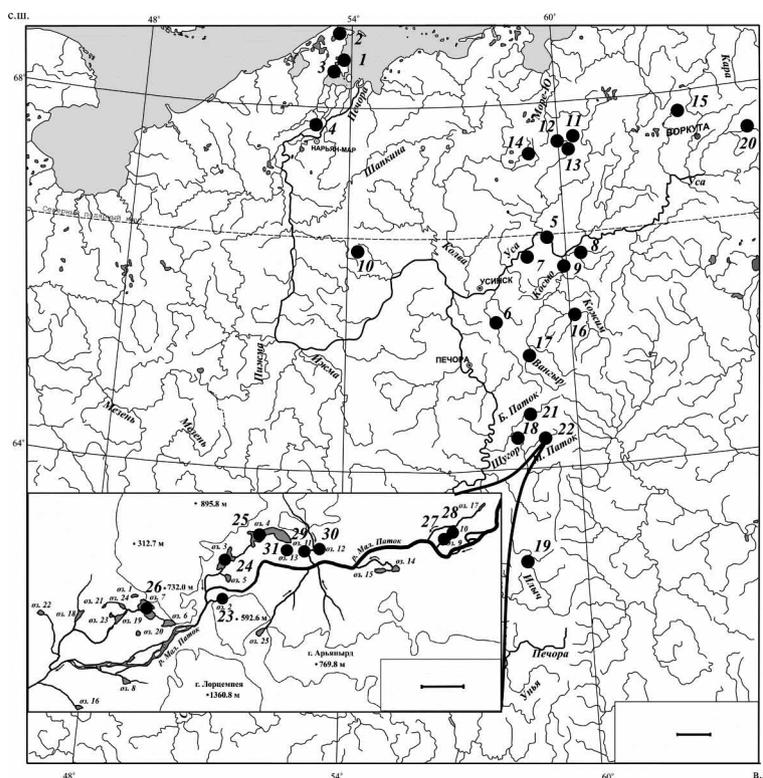


Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Печоры. Места сбора материала (●): 1 – Коровинская губа, 2 – оз. Кузнецкое, 3 – оз. Лощиха, 4 – Кудрин шар (дельта р. Печоры), 5 – р. Уса, 6 – р. Большая Сыня, 7 – р. Заострённая, 8 – р. Кочмес, 9 – р. Косью, 10 – Ваглейские озёра, 11 – оз. Ватьярты, 12 – оз. Лангутаты, 13 – оз. Хоседаты, 14 – оз. Колваты, 15 – оз. Харбейты, 16 – р. Кожим, 17 – р. Вангыр, 18 – р. Щугор, 19 – р. Илыч, 20 – оз. Большое Кузьты, 21 – р. Большой Паток, 22 – р. Малый Паток. Масштаб: 40 км в 1 см. На врезке – озёра бассейна р. Малый Паток: 23 – оз. № 2, 24 – оз. № 3, 25 – оз. № 4, 26 – оз. № 7, 27 – оз. № 9, 28 – оз. № 10, 29 – оз. № 11, 30 – оз. № 12, 31 – оз. № 13. Масштаб: 1 км в 1 см

Fig. 1. Map-scheme of the Pechora River basin. Fish collection sites (●): 1 – Korovinskaya Bay, 2 – Lake Kuznetskoe, 3 – Lake Loshchikha, 4 – Kudrin shar (the Pechora River delta), 5 – Usa River, 6 – Bolshaya Synya River, 7 – Zaostryonnaya River, 8 – Kochmes River, 9 – Kosyu River, 10 – Vagleyskiye lakes, 11 – Lake Vatiyarty, 12 – Lake Langutaty, 13 – Lake Khosedaty, 14 – Lake Kolvaty, 15 – Lake Kharbeyty, 16 – Kozhim River, 17 – Vangyr River, 18 – Shchugor River, 19 – Ilyich River, 20 – Lake Bolshoe Kuzty, 21 – Bolshoy Patok River, 22 – Maly Patok River. Scale: 40 km in 1 cm. Inset map – lakes of Maly Patok River basin: 23 – Lake No. 2, 24 – Lake No. 3, 25 – Lake No. 4, 26 – Lake No. 7, 27 – Lake No. 9, 28 – Lake No. 10, 29 – Lake No. 11, 30 – Lake No. 12, 31 – Lake No. 13. Scale: 1 km in 1 cm

распространение сига получил в горной озёрно-речной системе верховой р. Малый Паток (уральский приток р. Печоры II порядка), где он обнаружен в 13 из 21 населённых рыбной озёр [14]. Большинство водоёмов бассейна р. Печоры испытывают интенсивный пресс нерационального (часто незаконного) потребительского рыболовства. В итоге происходит устойчивое снижение уловов сиговых [15], а в ряде случаев наблюдается значительное омоложение возрастной структуры популяций [10].

Цель работы – обобщить имеющуюся информацию о максимальном возрасте сига, зарегистрированном в реках и озёрах бассейна р. Печоры.

Материал и методы исследования

В работе использован материал, накопленный нами в ходе более чем 30-летних ихтиологических исследований бассейна р. Печоры. Общий объём обработанного материала составил 1948 экз. сига, отловленного в разнотипных водных объектах, относящихся к этой территории (рис. 1).

В большинстве случаев отлов сига проводили ставными жаберными сетями с ячейёй 20–40 мм (в озёрах бассейна р. Малый Паток – ячейёй 10–60 мм), на реках Косью и Вангыр использовали тягловые неводы длиной от 30 до 150 м и ячейёй 8–40 мм.

Биологический анализ выполнен на свежепойманном материале по стандартной методике [16]. Массу тела рыб определяли с точностью до 1 г, длину тела по Смитту (FL) – с точностью до 1 мм. Чешую для определения возраста отбирали из первого–второго чешуйного ряда над боковой линией, под спинным плавником. Определение возраста и измерения радиуса осуществляли с применением бинокулярного микроскопа (увеличение 2 × 8). За годовое кольцо принимали внешнюю границу зоны выклинивающихся склеритов [8, 17]. Для снижения погрешностей при определении возраста и оценке роста все измерения проводил один оператор.

Анализ роста рыб выполняли методом обратного расчисления по формуле прямой пропорциональности Эйнара Леа [18, 19]. На основе этих данных для большинства выборок определяли параметры уравнения роста Берталанфи [19, 20]. Показатель скорости приближения размеров рыбы к асимптотической длине тела (константа k из уравнения Берталанфи) использован для оценки теорети-

ческого предельного возраста рыб с помощью формулы Тейлора [21, 22].

Результаты и обсуждение

В исследованных водоёмах бассейна р. Печоры максимальный зарегистрированный возраст сига варьирует от 5+ (рыбы шестого года жизни) до 21+ лет (табл.). При этом жилые группировки, как правило, характеризуются более высокими показателями максимального возраста (5+ – 21+, медиана 9) по сравнению с полупроходной формой сига (5+ – 9+, медиана 8,5). Следует отметить, что для анадромного сига р. Печоры в литературе приводятся заметно более высокие показатели (максимальный возраст до 17+ при длине 660 мм и массе тела 5000 г) [10]. Однако, максимальный возраст, зафиксированный у сига в озёрно-речной системе р. Малый Паток, превосходит эти показатели.

Действительно, в одном из безымянных ледниковых озёр этой озёрно-речной системы 25.10.2007 г. был отловлен половозрелый (IV–V стадия зрелости) самец обыкновенного сига длиной (FL) 605 мм и массой 4200 г. Возраст этой особи составил 21+ год (рис. 2). Озеро, в котором был обнаружен данный экземпляр, находится в долине горного участка р. Малый Паток на высоте 232 м над уровнем моря (64°19'56" с. ш., 59°12'17" в. д.) и соединено с руслом реки протокой.

Годовые кольца на чешуе данной особи, в течение первых восьми лет жизни, представляли собой достаточно чёткие зоны выклинивания склеритов (cutting over) в дорсолатеральной и вентролатеральной зонах чешуи. В дальнейшем (начиная с девятого годового кольца) они сменяются лишёнными склеритов участками, залегающими между зонами с нормально выраженными склеритами. Оба эти элемента принимаются за годовые кольца [8, 17].

Известно, что предельный возраст обыкновенного сига оценивается в 15–20 лет [8, 9]. По данным FishBase, максимальная продолжительность жизни этого вида рыб составляет 14–15 лет [23]. В большинстве водоёмов европейского северо-востока России зарегистрированный возраст сига не превышает 10–12 лет [10, 24]. Особи возрастом 13+ лет отмечены в некоторых озёрах Большеземельской тундры [11], ещё большие значения приводятся для жилой формы сига р. Вымь (15+) и полупроходного сига р. Печоры (17+) [10]. Таким образом, возраст сига, зарегистрированный

Максимальный возраст сига исследованных водоёмов бассейна р. Печоры по наблюдаемым и расчётным данным / Maximum age of whitefish in the studied reservoirs of the Pechora River basin according to observed and calculated data

Водоём (водоток), год Water body (watercourse), year	Тип группировки Type of group	п, экз. n, spec.	Максимальный возраст Maximum age	
			Наблюдаемый Observed	Теоретический Theoretical
Печорское море / Pechora Sea				
Коровинская губа, 1999 Korovinskaya Bay, 1999	полупроходная semi-anadromous	40	8+	27
оз. Кузнецкое, 2002 Lake Kuznetskoe, 2002	полупроходная semi-anadromous	35	9+	17
оз. Лощиха, 2003 Lake Loshchikha, 2003	полупроходная semi-anadromous	5	5+	29
Бассейн р. Печоры, среднее и нижнее течение (равнинная область) The Pechora River basin, middle and lower reaches (plain area)				
Кудрин шар, 1997 Kudrin shar, 1997	полупроходная semi-anadromous	20	9+	18
р. Уса, 1995–2008 The Usa River, 1995–2008	речная / river	178	9+	26
р. Большая Сыня, 2002 The Bolshaya Synya River, 2002	речная / river	34	5+	12
р. Заострённая, 1995 The Zaostryonnaya River, 1995	речная / river	102	7+	42
р. Кочмес, 1994–1995 The Kochmes River, 1994–1995	речная / river	75	8+	30
р. Косью, 1993–1995 The Kosyu River, 1993–1995	речная / river	106	8+	29
Ваглейские озёра, 1995 Vagleyskiye lakes, 1995	озёрная / lake	8	6+	26
Водоёмы Большеземельской тундры / Water bodies of the Bolshezemelskaya tundra				
оз. Ватъярты, 2001 Lake Vatyarty, 2001	озёрная / lake	67	11+	27
оз. Лангутаты, 2018 Lake Langutaty, 2018	озёрно-речная lake-river	41	10+	44
оз. Хоседаты, 2000 Lake Khosedaty, 2000	озёрная / lake	50	11+	16
оз. Колваты, 2011 Lake Kolvaty, 2011	озёрная / lake	13	10+	14
оз. Харбейты, 1998–1999 Lake Kharbeyty, 1998–1999	озёрная / lake	71	7+	32
Бассейны уральских притоков р. Печоры (предгорная область) Basins of the Ural tributaries of the Pechora River (foothill region)				
р. Кожим, 1993–1995 The Kozhim River, 1993–1995	речная / river	59	10+	13
р. Вангыр, 1993 The Vangyr River, 1993	речная / river	12	8+	23
р. Щугор, 1985–1989 The Shchugor River, 1985–1989	речная / river	157	8+	20
р. Илыч, 2014 The Ilych River, 2014	речная / river	50	9+	13
оз. Большое Кузьты, 2006 Lake Bolshoe Kuzty, 2006	озёрно-речная lake-river	35	5+	23

р. Большой Паток, 1999–2016 The Bolshoy Patok River, 1999–2016	речная / river	17	7+	22
р. Малый Паток, 2001–2007 The Maly Patok River, 2001–2007	озёрно-речная lake-river	46	9+	20
Озёрно-речная система р. Малый Паток / Lake-river system of the Maly Patok River				
Озеро № 2, 2001–2005 Lake No. 2, 2001–2005	озёрно-речная lake-river	26	13+	27
Озеро № 3, 2001–2017 Lake No. 3, 2001–2017	озёрно-речная lake-river	119	11+	32
Озеро № 4, 2001–2017 Lake No. 4, 2001–2017	озёрно-речная lake-river	62	11+	27
Озеро № 7, 2002–2012 Lake No. 7, 2002–2012	озёрная / lake	123	8+	17
Озеро № 9, 2004–2011 Lake No. 9, 2004–2011	озёрно-речная lake-river	38	21+	44 (26)
Озеро № 10, 2002–2011 Lake No. 10, 2002–2011	озёрно-речная lake-river	58	18+	39
Озеро № 11, 2002–2014 Lake No. 11, 2002–2014	озёрно-речная lake-river	99	11+	21
Озеро № 12, 2002–2014 Lake No. 12, 2002–2014	озёрно-речная lake-river	68	11+	24
Озеро № 13, 2002–2011 Lake No. 13, 2002–2011	временная temporary	134	10+	29

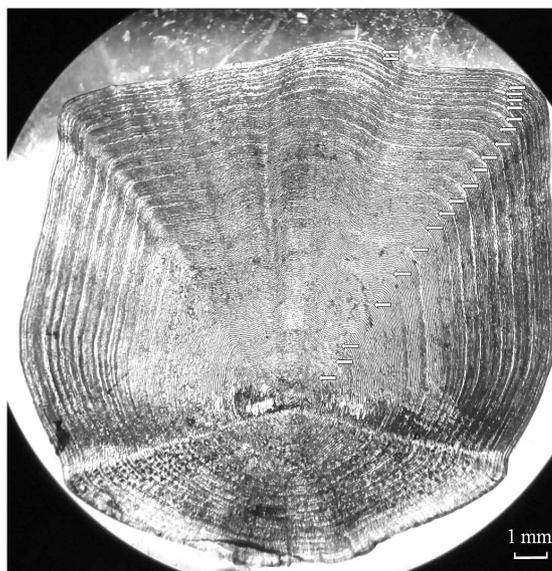


Рис. 2. Фотография чешуи сига из бассейна р. Малый Паток. Стрелками отмечены годовые кольца
Fig. 2. Photograph of whitefish scales from the Maly Patok River basin. The arrows indicate the annual rings

в бассейне р. Малый Паток, по-видимому, является максимальным для европейского северо-востока России.

Линейный рост исследованного экземпляра хорошо описывается уравнением Бергаланфи ($R^2=0,996$). Согласно этой модели, его размеры близки к предельной длине тела, определённой на основе результатов обратных расчислений роста данной особи ($L_{\infty}=705\pm 19$ мм).

Теоретический предельный возраст сига в данном водоёме, рассчитанный по двум другим параметрам уравнения Бергаланфи ($k=0,11\pm 0,01$; $t_0=0,02\pm 0,112$) с помощью формулы Тейлора [21, 22], составил около 26 лет.

Расчёты, проведённые по другим исследованным водоёмам, дают сходные результаты (табл.). Теоретический предельный возраст в разных водоёмах бассейна р. Печоры варьи-

рует от 12 до 44 лет (в среднем около 25 лет). При этом существенного различия по этому показателю между полупроходной и жилой формой сига не наблюдается.

Сходная величина максимальной продолжительности жизни получается, если при расчётах использовать семикратную длительность периода полового созревания (τ -период) [25]. Первые случаи полового созревания у сига в водоёмах бассейна р. Печоры отмечаются в возрасте 4+ – 5+ лет [10], следовательно, предельный возраст сига здесь может превышать 30 лет. Такие расчёты дают весьма приблизительную оценку, тем не менее, максимальные зарегистрированные показатели возраста печорского сига (17+ – 21+) могут достигать 70–80% от теоретических значений.

Однако, в каждом конкретном водоёме величина максимального возраста, отмеченного в период проведения исследований, сильно варьирует. Помимо климатических факторов и биологических особенностей той или иной группировки сига, его максимальный зарегистрированный возраст сильно зависит от промысловой смертности (интенсивности рыболовства). Так, в магистральном русле р. Печоры и крупных её притоках, более доступных для рыболовства (часто незаконного), возраст рыб в выборках не превышает 11+ (5+ – 11+) [26]. Омоложение возрастного состава под действием интенсивного рыболовства наблюдается и у лососеобразных рыб, обитающих в водотоках Среднего Тимана [27]. В менее доступных для рыболовов озёрах Большеземельской тундры отмечены особи возрастом 13+ (7+ – 13+) [10, 11]. В нижнем течении р. Щугор на состоянии группировки сига сказывается рыболовство на смежных участках русла р. Печоры; максимальный зарегистрированный возраст сига здесь составил 8+, в русле его притока – р. Малый Паток – 9+ лет [11]. В труднодоступных горных озёрах на водосборе этой реки могут встречаться экземпляры возрастом 11+ и старше (до 21+). Примечательно, что на территории России возраст сига, близкий к предельному (20+ и старше), за исключением оз. Байкал (21+), приводится для удалённых озёр плато Путорана (оз. Агата, оз. Северное, оз. Эпекли – до 25+), некоторых озёр Саян (до 23+) и оз. Таймыр (26+) [28].

Следует отметить, что определение возраста сига старших возрастных групп может сталкиваться с рядом методических трудностей. Существует мнение, согласно которому использование чешуи приводит к значительному занижению возраста рыб (особенно медленно

растущих половозрелых особей), по сравнению с данными, получаемыми при анализе отолитов [29–31]. С другой стороны, формирование на отолитах множества дополнительных колец может приводить к завышению возраста [32]. В итоге возраст сига, определённый по отолитам, часто не совпадает с оценками, выполненными по другим регистрирующим структурам (чешуя, плавниковые лучи) [33]. Кроме того, заметный вклад в погрешность оценки возраста могут вносить и индивидуальные особенности оператора [32]. С этих позиций следует особо подчеркнуть важность документального подтверждения возраста рыб, особенно в случаях, когда приводятся близкие к предельным оценки возраста.

Заключение

Таким образом, максимальный зарегистрированный возраст обыкновенного сига в труднодоступных водоёмах бассейна р. Печоры может превышать 20+ лет, теоретический предельный возраст оценивается в 25–30 лет. Данный показатель может использоваться в качестве «реперной точки» при оценке состояния популяций сига. По-видимому, основным фактором, ограничивающим продолжительность жизни сига в естественных водоёмах, является влияние рыболовства. Дальнейшие исследования рыбного населения удалённых водоёмов помогут уточнить пределы продолжительности жизни рыб и определяющих её разноуровневых адаптивных механизмов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Закономерности формирования, пространственно-структурной организации и динамики фауны и населения животных европейского северо-востока России и сопредельных арктических и бореальных территорий в изменяющихся условиях окружающей среды» № 125013101229-9.

References

1. Nikolsky G.V. The theory of fish stock dynamics as a biological basis for rational exploitation and reproduction of fish resources. Moskva: Pishchevaya promyshlennost, 1974. 447 p. (in Russian).
2. Kuznetsova E.N., Bondarenko M.V., Morozov A.D. Age composition and growth rate of *Reinhardtius hippoglossoides* of the Norway-Barents Sea stock // Voprosy Ikhtiologii. 2001. V. 41. No. 2. P. 192–198 (in Russian).

3. Cailliet G.M., Andrews A.H. Age-validated longevity of fishes: Its importance for sustainable fisheries // Fisheries for Global Welfare and Environment: 5th World Fisheries Congress. Tokyo: Terrapub, 2008. P. 103–120.
4. Beverton R.J.H., Holt S.J. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics // The Lifespan of Animals (Colloquia on Aging): Ciba Foundation Symposium. V. 5. London: J. and A. Churchill Ltd., 1959. P. 142–180. doi: 10.1002/9780470715253.ch10
5. Beverton R.J.H. Longevity in fish: Some ecological and evolutionary considerations // Evolution of longevity in Animals / Eds. A.D. Woodhead, K.H. Thompson. Boston: Springer, 1987. P. 161–185. doi: 10.1007/978-1-4613-1939-9_12
6. Das M. Age determination and longevity in fishes // Gerontology. 1994. V. 40. No. 2–4. P. 70–96. doi: 10.1159/000213580
7. Munch S.B., Salinas S. Latitudinal variation in lifespan within species is explained by the metabolic theory of ecology // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 2009. V. 106. No. 33. P. 13860–13864. doi: 10.1073/pnas.0900300106
8. Reshetnikov Yu.S. Ecology and systematics of whitefishes. Moskva: Nauka, 1980. 300 p. (in Russian).
9. Atlas of freshwater fish of Russia. V. 1. / Ed. Yu.S. Reshetnikov. Moskva: Nauka, 2002. 379 p. (in Russian).
10. Sidorov G.P., Reshetnikov Yu.S. Salmonid fish of the European Northeast water bodies. Moskva: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 346 p. (in Russian).
11. Sidorov G.P. Fish resources of the Bolshezemelskaya tundra. Leningrad: Nauka, 1974. 164 p. (in Russian).
12. Ponomarev V.I., Sidorov G.P. Review of ichthyological and fishery research in the Pechora River basin // Aquatic organisms in natural and transformed ecosystems of the European northeast. Syktyvkar: Izdatelstvo Komi NTs UrO RAN, 2002. P. 5–33 (in Russian).
13. Ponomarev V.I. Vertical distribution of ichthyofauna in lakes on the western slopes of the Subpolar and Polar Urals // Inland Water Biol. 2022. V. 15. No. 2. P. 149–159. doi: 10.1134/S1995082922020080
14. Ponomarev V.I. Aquatic fauna of water bodies in the Maly Patok River Basin (the Subpolar Urals). I. Fishes // Inland Water Biol. 2019. V. 12. No. 4. P. 384–392. doi: 10.1134/s1995082919040114
15. Kozmin A.K. Biology and stock status of whitefish-pijian *Coregonus lavaretus pidshian* (Gmelin, 1788) (Squad – the Salmoniformes, Family – Whitefish) in the river Pechora // Vestnik rybohozyajstvennoj nauki. 2016. V. 3. No. 2 (10). P. 27–38 (in Russian).
16. Pravdin I.F. Guide to the study of fish. Moskva: Pishchevaya promyshlennost, 1966. 376 p. (in Russian).
17. Dgebuadze Yu.Yu., Chernova O.F. Teleost fish scale as a diagnostic and recording structure. Moskva: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009. 313 p. (in Russian).
18. Chugunova N.I. A Guide to studying the age and growth of fish. Moskva: Izdatelstvo AN SSSR, 1959. 164 p. (in Russian).
19. Dgebuadze Yu.Yu. Ecological aspects of fish growth variability. Moskva: Nauka, 2001. 276 p. (in Russian).
20. Mina M.V., Klevezal G.A. The growth of animals. Moskva: Nauka, 1976. 291 p. (in Russian).
21. Taylor C. Cod growth and temperature // ICES J. Mar. Sci. 1958. V. 23. No. 3. P. 366–370. doi: 10.1093/icesjms/23.3.366
22. Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks // ICES J. Mar. Sci. 1980. V. 39. No. 2. P. 175–192. doi: 10.1093/icesjms/39.2.175
23. FishBase / Eds. R. Froese, D. Pauly. World Wide Webelectronic publication [Internet recourse] www.fishbase.org (Accessed: 06.06.2023).
24. Bolotova N.L., Ivanter E.V., Krivokhatsky V.A. Red Data Book of the Vologda Region. V. 3. Animals. Vologda: Polygraph-Kniga, 2010. 215 p. (in Russian).
25. Reshetnikov Yu.S. Phases of penetration of new species in freshwater ecosystems // Biology Bulletin Reviews. 2020. V. 140. No. 3. P. 294–305 (in Russian). doi: 10.31857/S0042132420030084
26. Boznak E.I., Ponomarev V.I. Population structure of European whitefish *Coregonus lavaretus* (Salmonidae: Coregoninae) from the lake–river system of the Subpolar Urals // J. Ichthyol. 2023. V. 63. No. 5. P. 950–961. doi: 10.1134/S003294522305003X
27. Zaharov A.B., Taskaev A.I. The problems of preserving and reconstructing water biological resources of the rivers of Central Timan // Theoretical and Applied Ecology. 2010. No. 2. P. 83–91 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2010-2-083-091
28. Popov P.A. Fishes of Siberia: distribution, ecology, catch. Novosibirsk: Izdatelstvo NGU, 2007. 526 p. (in Russian).
29. Skurdal J., Vøllestad L.A., Qvenild T. Comparison of scales and otoliths for age determination of whitefish *Coregonus lavaretus* // Fish. Res. 1985. V. 3. P. 237–243. doi: 10.1016/0165-7836(85)90024-4
30. Maceina M.J., Boxrucker J., Buckmeier D.L., Gangl R.S., Lucchesi D.O., Iserman D.A., Jackson J.R., Martinez P.J. Current status and review of freshwater fish aging procedures used by state and provincial fisheries agencies with recommendations for future directions // Fisheries. 2007. V. 32. No. 7. P. 329–340. doi: 10.1577/1548-8446(2007)32[329:CSAROF]2.0.CO;2
31. Muir A.M., Ebener M.P., He J.X., Johnson J.E. A comparison of the scale and otolith methods of age estimation for lake whitefish in Lake Huron // North Am. J. Fish. Manage. 2008. V. 28. No. 3. P. 625–635. doi: 10.1577/M06-160.1
32. Raitaniemi J., Bergstrand E., Fløystad L., Hokki R., Kleiven E., Rask M., Reizenstein M., Saksgård R., Ångström C. The reliability of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) age determination – differences between methods and between readers // Ecol. Freshwater Fish. 1998. V. 7. No. 1. P. 25–35. doi: 10.1111/j.1600-0633.1998.tb00169.x
33. Herbst S.J., Marsden J.E. Comparison of precision and bias of scale, fin ray, and otolith age estimates for lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) in Lake Champlain // J. Great Lakes Res. 2011. V. 37. No. 2. P. 386–389. doi: 10.1016/j.jglr.2011.02.001