

Научная статья

УДК 597.555.5(265.5)

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-93-108

EDN: QCLZNG



**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ НАВАГИ
ELEGINUS GRACILIS TILESII (GADIDAE)
НА ПЕРВОМ ГОДУ ЖИЗНИ**

А.В. Буслов*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. На основании данных наблюдений и обобщения опубликованных материалов рассмотрен линейный и весовой рост дальневосточной наваги на первом году жизни в разных районах ее обитания. Посредством логистической функции смоделирован ее рост в течение года. Показано, что в южных районах обитания навага растет значительно быстрее. Наиболее интенсивный линейный рост происходит в первые четыре месяца жизни, когда длина личинок и мальков увеличивается на 50–60 % ежемесячно. Осенью и зимой относительные приросты существенно снижаются и в конце первого года жизни составляют 1–4 %. В абсолютном выражении приращения длины увеличиваются в первую половину года, достигая пика к концу лета — началу осени. В этот период длина рыб становится больше на 25–30 мм в месяц. В оставшуюся часть года значения абсолютных приростов снижаются до 2–3 мм. Характер весового роста заметно отличается от линейного. В течение первых пяти месяцев жизни весовой рост у молоди наваги наиболее интенсивен и значительно превосходит линейный. За этот период ее масса ежемесячно увеличивается не менее чем вдвое. Величина относительных приростов постепенно уменьшается от первого месяца жизни к пятому. После чего при достижении массы около 5 г относительный темп весового роста резко снижается, при этом существенно увеличиваются абсолютные приросты. Максимальные приращения массы (5–6 г) приходятся на 6–8-й месяцы жизни наваги, когда рыбы достигают длины более 86 мм. За этот короткий промежуток навага набирает немногим более 60 % массы первого года жизни. Пики линейных и весовых приростов не совпадают по времени и смещены примерно на два месяца относительно друг друга. Максимальные приращения длины у молоди наваги приурочены к июлю-сентябрю, а массы — к сентябрю-ноябрю.

Ключевые слова: дальневосточная навага, линейный и весовой рост, относительный и абсолютный прирост, логистическая функция, районы обитания

Для цитирования: Буслов А.В. Закономерности роста дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) на первом году жизни // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 93–108. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-93-108. EDN: QCLZNG.

* Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, aleksandr.buslov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666.

Growth patterns of saffron cod *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) in the first year of life

Alexandr V. Buslov

Pacific branch of VNIRO (TINRO),

4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

Ph.D., deputy head, aleksandr.buslov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666

Abstract. Patterns of linear and weight growth of saffron cod in the first year of life are considered on the data of measurements and cited materials for different habitats of this species. The growth curve is approximated by logistic function. Monthly increments for the body length of larvae and fry are about 50–60 % in the first four months of life with the highest growth rate. Then the relative growth decreases significantly in fall-winter and does not exceed 1–4 % to the end of the first year of life. The absolute length increments increase during the first half of the year up to the maximum value of 25–30 mm/month in late summer — early autumn. Saffron cod grow faster in the southern areas of their habitat. The weight growth patterns are different from the linear growth. The weight growth is higher in the first five months of life, with gradual decreasing of the monthly weight increments from 156 % to 105 %. The relative weight increments exceed significantly the length increments in this period. When the body weight reaches app. 5 g, the relative weight increments decrease abruptly, though the absolute increments continue to increase until the 6–8th months of life when they reach 5–6 g per month for fish with body length > 86 mm. The body weight increases by 60 % in this short period of the highest weight growth. Time lag between the peaks of absolute linear growth (in July–September) and weight growth (in September–November) is about 2 months.

Keywords: saffron cod, linear growth, weight growth, relative increment, absolute increment, logistic function, habitat

For citation: Buslov A.V. Growth patterns of saffron cod *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) in the first year of life, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 1, pp. 93–108. (In Russ.) DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-93-108. EDN: QCLZNG.

Введение

Изучение роста рыб в период раннего онтогенеза — важная составляющая в познании их биологии. Непосредственно в этот период рост как количественная характеристика развития приобретает существенное морфогенетическое значение, поскольку сопровождается метаморфозами (предличинка, личинка, малек, сеголетка), которые обуславливают изменения морфологических, биологических и этологических характеристик рыб. Эти преобразования, в свою очередь, тесно связаны с механизмами формирования численности поколений, которые, как известно, основное действие оказывают в течение первого года жизни рыб [Дехник и др., 1985; Chambers, Trippel, 1997; Архипов, 2015; и др.].

В этом смысле исследования роста в раннем онтогенезе наиболее важны для популярных промысловых видов, к которым в дальневосточных морях безусловно можно отнести представителей семейства тресковых — минтая, тихоокеанскую треску и дальневосточную навагу. Однако если для первых двух видов закономерности роста на первом году жизни известны и обобщены [Буслов, 2005; Буслов, Овсянникова, 2021], то у наваги эта часть онтогенеза остается малоизученной, поскольку исследователи уделяли данному вопросу критически мало внимания. Упоминания о размерах пойманной молодежи в разрозненных работах не позволяют судить о характере ее линейного роста, еще меньше информации можно найти о весовом росте.

С учетом вышесказанного, на наш взгляд, целесообразно в обобщенном виде охарактеризовать закономерности роста тихоокеанской наваги в течение первого года жизни с привлечением имеющихся первичных и опубликованных материалов. Это и стало целью настоящей работы.

Материалы и методы

Мальки и сеголетки наваги достаточно регулярно попадают в уловах донных траловых съемок. Имеющиеся в нашем распоряжении промеры наваги возраста менее 1 года из разных районов ее обитания составили более 70 тыс. экз. (табл. 1).

Количество промеренных мальков и сеголеток наваги из уловов донных траловых съемок, экз.

Table 1

Number of measured juveniles of saffron cod from catches of bottom trawl surveys, ind.

Район	Месяц/годы наблюдений	Кол-во измерений
Карагинский залив	09/2001, 2009	952
	10/2002, 2005	1440
	11/1990, 2000, 2002	1670
	12/2003	164
Западная Камчатка	07/2007	46
	08/2008, 2009	72
	09/2003	154
	10/1990	203
	03/1998	455
Зал. Терпения	07/2011	337
	08/2000, 2012	185
	09/2004	1134
Зал. Петра Великого	06/2008, 2009	1083
	07/2002, 2005–2010, 2013	9065
	08/1998, 1999, 2001–2013	30987
	09/2001, 2003, 2007–2012	13231
	11/2008	485
Южные Курильские острова	09/2012	1705
	10/2002, 2010, 2011	4824
	11/2012	1322
	03/1997	349
Татарский пролив	03/1994, 2003	311

Для описания роста в течение первого года жизни использовали логистическую кривую [Рикер, 1983], уравнение которой имеет вид

$$L = \frac{L_{\infty}}{1 + 10^{\gamma + \beta t}},$$

где L — длина в любой момент времени, мм; L_{∞} — асимптотическая длина в годовалом возрасте, мм; t — месяц жизни; γ и β — коэффициенты уравнения. Такой тип кривой применялся ранее для описания роста молоди минтая и трески [Буслов, 2005; Буслов, Овсянникова, 2021]. В качестве ориентиров для расчетов использованы наблюдаемые длины в разные месяцы первого года жизни, а также допущение, что средняя дата выклева предличинок — 15 апреля, а их длина — 4 мм. Параметры уравнений рассчитаны по методу избранных точек посредством минимизации суммы квадратов отклонений расчетных значений от наблюдаемых [Зайцев, 1984].

Абсолютный и относительный (с поправкой Броуди) линейный (весовой) прирост за промежуток времени Δt , равный 1 мес., определяли по формулам

$$\frac{L_1 - L_0}{\Delta t} \text{ и } \frac{L_1 - L_0}{0,5(L_1 + L_0)} \cdot 100,$$

где L_0 (W_0) и L_1 (W_1) — длина (масса) в начальный (0) и конечный (1) моменты промежутка времени Δt [Мина, Клевезаль, 1976].

Результаты и их обсуждение

Линейный рост. Многочисленные литературные источники свидетельствуют о том, что навага нерестится в самые холодные месяцы года. Так, в западной части Берингова моря в заливах Карагинском и Корфа массовый подход нерестовой наваги к берегам обычно наблюдается во второй половине января, а основное количество икры здесь выметывается в конце этого месяца [Богаевский, 1951; Трофимов, 2009]. У восточного побережья Камчатки в Авачинской губе воспроизводство наваги также приурочено к январю — началу февраля [Василец, Доценко, 2003]. В эти же сроки массовый нерест проходит в большинстве популяций Охотского моря — в Ямской и Тауйской губах, в заливах Сахалинском и Терпения, у южных Курильских островов [Семененко, 1965; Сафронов, 1986]. Лишь у наваги западной Камчатки пик икрометания сдвинут на февраль [Новикова, 2007]. В Японском море январский массовый нерест отмечен для зал. Петра Великого, северного Приморья и Татарского пролива [Козлов, 1959; Покровская, 1960]. В лагунах северного и тихоокеанского побережий о. Хоккайдо икрометание наваги по данным японских исследователей, хотя и протекает довольно быстро, также приурочено к январю [Chan et al., 2007]. Таким образом, практически по всему ареалу от севера до юга сроки массового нереста наваги совпадают и приурочены ко второй половине января — началу февраля.

Примечателен также тот факт, что продолжительность развития икринок и сроки выклева вполне сопоставимы как в южной, так и в северной частях ареала. В зал. Корфа эмбриогенез заканчивается в конце апреля, а предположительная его длительность составляет 80–90 дней [Богаевский, 1951]. В северной части Татарского пролива временем выклева личинок также считается вторая половина апреля [Козлов, 1959]. В зал. Петра Великого выклев личинок ежегодно происходит в сравнительно близкие сроки — в середине апреля. Инкубация икринок, проведенная здесь в естественных условиях, составила 76 сут [Дубровская, 1954]. Близкая продолжительность эмбриогенеза (73–78 сут) указывается и для вод северного побережья Хоккайдо [Покровская, 1960; Chen, 1989]. Логично предположить, что и в этом районе, и, соответственно, у южных Курильских островов появление предличинок также приурочено к концу марта — началу апреля. Таким образом, несмотря на значительную широтную разобщенность районов воспроизводства, рост наваги в постэмбриональный период по всему ареалу начинается в близкие сроки.

Размеры выклюнувшихся предличинок, приводимые разными авторами, в некоторых случаях разнятся. Для Берингова моря указывается длина 3,5 мм [Dunn, Vinter, 1984], для зал. Петра Великого — 3,5–3,9 мм [Мухачева, 1957], для Татарского пролива — 3,8 мм [Козлов, 1959]. Более крупные предличинки были получены в ходе экспериментов по инкубированию икры наваги из Авачинской (5,1–5,4 мм) и Тауйской губ (5,3–6,3 мм) [Буслов, Сергеева, 2013; Юсупов, Ракитина, 2017]. По всей видимости, такая вариабельность размеров может быть связана как с региональными особенностями, так и с размерами самих икринок, средние диаметры которых, судя по опубликованным данным, значительно варьируют (0,9–1,4 мм) [Козлов, 1951; Мухачева, 1957; Буслов, Сергеева, 2013; Юсупов, Ракитина, 2017]. Кроме того, нельзя не учитывать и продолжительность нахождения эмбриона в икринке, так как экспериментально было показано, что у наваги наибольшую длительность имеет завершающая стадия эмбриогенеза, во время которой происходит только рост эмбриона [Буслов, Сергеева, 2013].

Первые десять суток жизни выклюнувшиеся предличинки растут преимущественно за счет желточного мешка, который рассасывается при длине тела около 6,5 мм [Юсупов, Ракитина, 2017]. Длина предличинок наваги из Татарского пролива, содержащихся в аквариумальных условиях при температуре около 0 °С, на восьмые сутки после выклева составила 5,8 мм, а на десятые — 6,1 мм [Козлов, 1959]. Близкие значения указываются и для наваги Тауйской губы, предличинки которой на 10-е сут

имели среднюю длину 6,4 мм, после чего темп роста резко замедлился, и к возрасту 20 сут их средняя длина увеличилась всего на 0,1 мм [Юсупов, Ракитина, 2017].

При явном дефиците информации о начальном периоде жизни наваги обобщенно можно отметить, что, выклевываясь при длине около 4–5 мм, личинки за первые две недели жизни увеличиваются в длину примерно в полтора раза и в начале мая переходят на самостоятельное питание. Характер роста наваги в этот период практически не освещен, поэтому далее реконструируем его по имеющимся в нашем распоряжении материалам и достаточно отрывочным опубликованным сведениям (рис. 1). При этом допустили, что средняя дата выклева предличинок — 15 апреля, а длина — 4 мм.

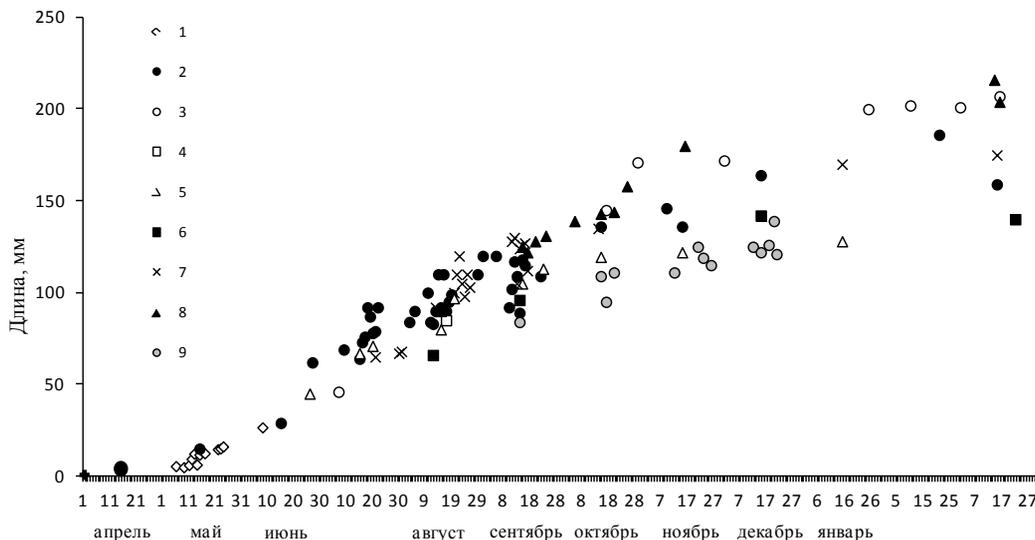


Рис. 1. Преобладающие размеры личинок, мальков и сеголеток наваги, наблюдаемые в разных частях ареала: 1 — восточная часть Берингова моря [Dunn, Vinter, 1984]; 2 — зал. Петра Великого; 3 — тихоокеанские воды Хоккайдо [Haga et al., 1957; Chen, 1989]; 4 — северо-западное побережье Сахалина [Иванова, Иванов, 2002]; 5 — зал. Терпения; 6 — Авачинская губа [Василец, Доценко, 2003]; 7 — западная Камчатка; 8 — южные Курильские острова; 9 — Карагинский залив. Крупной точкой обозначена осредненная дата выклева

Fig. 1. Modal size of saffron cod juveniles in the first year of life, by the areas of their habitat: 1 — eastern Bering Sea [Dunn, Vinter, 1984]; 2 — Peter the Great Bay; 3 — Pacific waters at Hokkaido [Haga et al., 1957; Chen, 1989]; 4 — northwestern coast of Sakhalin [Ivanova, Ivanov, 2002]; 5 — Patience/Terpenia Bay; 6 — Avacha Bay [Vasilets, Dotsenko, 2003]; 7 — West Kamchatka waters; 8 — waters at southern Kuril Islands; 9 — Karaginskiy Bay. A large dot indicates the average date of hatching

Судя по характеру распределения точек, кривая изменения длины наваги в течение первого года жизни имеет вид, близкий к S-образному, — незначительные абсолютные приросты весной, интенсивное увеличение длины в летне-осенние месяцы и замедление в зимние (ноябрь–февраль). Об этом свидетельствует также сезонная динамика размерных составов мальков и сеголеток наваги из разных районов (рис. 2). Аналогичный тип кривой приводит Н.В. Дубровская [1954] при описании роста молоди наваги в зал. Петра Великого. Подобная тенденция изменения размеров проявляется и в зал. Терпения, где в июне мальки имеют длину 56 мм, к августу — 73–85 мм, а в феврале — 106–110 мм [Сафронов, 1986]. В тихоокеанских водах Хоккайдо в первой декаде июля средняя длина мальков составляла 46 мм, а к середине октября достигла 158 мм [Haga et al., 1957]. В зал. Аляска длина наваги с июля по сентябрь увеличивалась с 70 до 108 мм [Johnson et al., 2009]. В Авачинской губе с августа по ноябрь сеголетки также растут весьма интенсивно — с 66 до 137 мм, после чего их рост практически останавливается, и в марте они достигают длины 142 мм

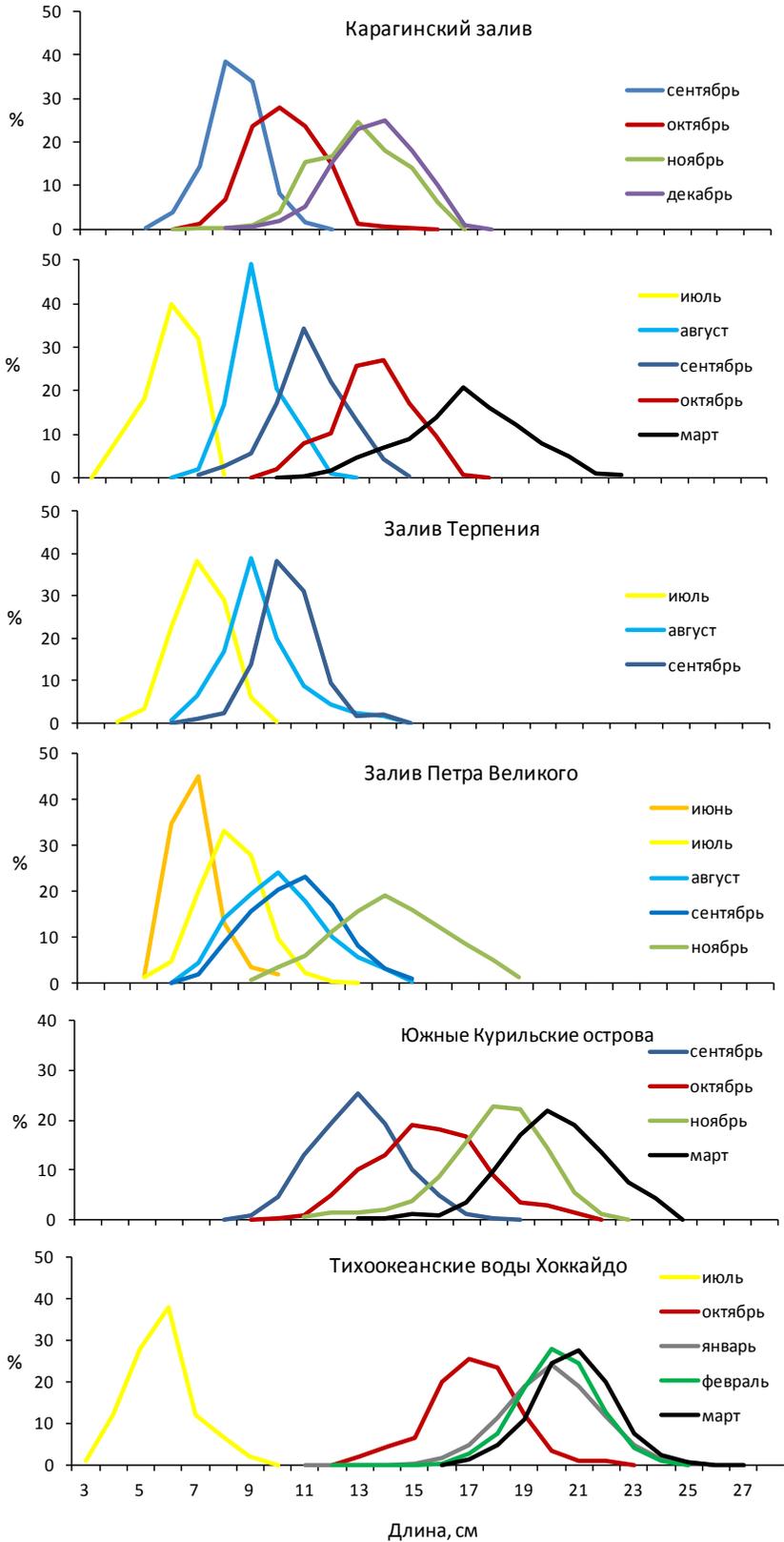


Рис. 2. Размерный состав мальков и сеголеток наваги в разных частях ареала
 Fig. 2. Size composition of saffron cod juveniles in different areas of their habitat

[Василец, Доценко, 2003]. В водах северо-востока Камчатки средняя длина сеголеток в сентябре составляет 85 мм, в октябре — 102, в ноябре — 121 и в декабре — 126 мм [Трофимов, 2011]. Таким образом, можно заключить, что характер роста наваги в течение первого года жизни схож по всему ареалу.

Однако географические различия в размерах, которых рыбы достигают к определенному периоду, все же есть. На рис. 1 заметно, что, например, навага из заливов Карагинского, Авачинского или Терпения осенью заметно уступает по длине сеголеткам из более южных регионов. При этом интересным выглядит тот факт, что в течение первых трех месяцев жизни размеры наваги достаточно близки по всему ареалу. Возможно, это связано с тем, что примерно до середины лета мальки ведут пелагический образ жизни [Дубровская, 1954]. Существенные расхождения в темпе роста начинаются, по всей видимости, со второй половины лета. Поэтому для сравнения роста наваги в разных регионах в качестве интегральной характеристики используем наблюдаемую длину сеголеток в сентябре (это около пяти месяцев постэмбрионального развития). При указанных выше допущениях о средней дате выклева и длине предличинки максимальные показатели роста оказались у наваги вод южных Курильских островов, тихоокеанского побережья Хоккайдо и западной Камчатки, минимальные — в Карагинском и Авачинском заливах (табл. 2).

Таблица 2
Осредненные показатели роста наваги разных районов за первые пять месяцев жизни, мм
Table 2

Average growth rate of saffron cod in the first five months of life (mm), by areas

Район	Наблюденная длина в сентябре	Абсолютный среднесуточный прирост	Относительный среднесуточный прирост, %
Тихоокеанские воды Хоккайдо	119	0,76	1,23
Зал. Петра Великого	109	0,69	1,22
Авачинский залив	96	0,61	1,21
Карагинский залив	84	0,53	1,20
Западная Камчатка	114	0,72	1,22
Зал. Терпения	105	0,66	1,22
Зал. Аляска	108	0,68	1,22
Южные Курильские острова	122	0,78	1,23

В целом имеющиеся материалы свидетельствуют о том, что сеголетки и годовики наваги из южных районов достигают большей длины, чем в северной части ареала. Логично предположить, что это связано все же с несколько более ранними сроками выклева, более высокой температурой воды, способствующей ускоренному росту, а в случае с западной Камчаткой, вероятно, с благоприятными кормовыми условиями западнокамчатского шельфа.

Вместе с тем на примере сеголеток зал. Петра Великого (по которым накоплено наибольшее количество наблюдений) можно отметить, что темп роста существенно варьирует в разные годы (табл. 3). Из табличных данных видно, что интенсивный рост, выраженный в величине суточных приростов, может наблюдаться не только в летний период, но в отдельные годы (как в 2008 г.) в весенний и осенний. При этом у сеголеток зал. Петра Великого наблюдается низкий прирост от августа к сентябрю. Скорее всего, такая особенность связана со значительным прогревом в данный период сублиторальных вод залива, где традиционно учитываются сеголетки наваги [Измятинский, 2004]. Как указывает автор, на глубине 45 м температура воды в августе в разные годы изменялась от 8 до 15 °С, а на меньших глубинах достигала еще больших значений. Известно, что оптимальная температура для наваги в период нагула во всех районах входит в диапазон от 0,5 до 8,0 °С [Борец, 1997]. По всей видимости, термические условия обитания молоди на сублиторали зал. Петра Великого в конце лета становятся неблагоприятными, и темп

Таблица 3

Размерные и ростовые характеристики сеголеток наваги в сублиторальной зоне зал. Петра Великого из уловов донных траловых съемок

Table 3

Size and growth parameters for saffron cod juveniles caught by bottom trawl in the sublittoral zone of Peter the Great Bay

Год	Показатель роста, мм	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
2001	Средняя длина		76,5	108,1	119,5		
	Прирост		31,6	11,4			
	Суточный прирост		1,26	0,42			
2007	Средняя длина		69,5	95,9	108,8		
	Прирост		26,4	12,9			
	Суточный прирост		0,67	0,35			
2008	Средняя длина	82,0	87,2	98,7	102,0		146,4
	Прирост	5,2	11,5	3,3			
	Суточный прирост	0,19	0,37	0,13			
2009	Средняя длина	61,7	78,8	89,7	109,2		
	Прирост	17,1	10,9	19,4			
	Суточный прирост	0,68	0,45	0,61			

Примечание. Суточные приросты рассчитаны с учетом средней даты съемки.

роста замедляется. В пользу этого свидетельствует и тот факт, что летом 2009 г. в придонном слое на сублиторали залива отмечались аномально низкие температуры воды — преимущественно до 6 °С [Будаева и др., 2010]. На этом фоне темп роста сеголеток в августе оказался самым высоким из рассматриваемых лет (табл. 3). Уместно отметить, например, что прогрев вод выше оптимума в нагульный период негативно влияет на рост наваги в Баренцевом и Белом морях [Стасенков, Гончаров, 2020].

Очевидно, что межгодовые особенности роста, связанные с факторами внешней среды, могут быть во всех районах обитания наваги. Поэтому для формализации представлений об изменениях длины наваги в течение первого года жизни применили уравнение логистической функции, поскольку выше подтвердился S-образный характер этого процесса.

Параметры уравнений и теоретические кривые роста были рассчитаны для наваги из разных районов (табл. 4, рис. 3). Как видно, наиболее тугорослыми можно считать популяции наваги восточного побережья Камчатки, а также Тауйской губы и северо-западного побережья Сахалина. Самая быстрорастущая молодежь обитает у юж-

Таблица 4

Параметры уравнений зависимости «возраст–длина» для первого года жизни наваги в различных частях ареала

Table 4

Parameters of equation for «age–body length» dependence in the first year of life for saffron cod in different areas of their habitat

Район обитания	Коэффициенты		L_{∞} мм	Ошибка (m_{yx})
	β	γ		
Карагинский залив	-0,311	1,830	131	4,7
Авачинский залив	-0,343	1,910	142	5,2
Западная Камчатка	-0,321	1,702	176	3,9
Тауйская губа	-0,325	1,759	131	5,7
Зал. Терпения	-0,290	1,519	139	6,1
Северо-запад Сахалина	-0,310	1,820	118	6,5
Татарский пролив	-0,316	1,846	157	5,9
Зал. Петра Великого	-0,304	1,728	180	4,4
Южные Курильские острова	-0,310	1,762	210	5,3
Тихоокеанские воды Хоккайдо	-0,308	1,732	211	6,1

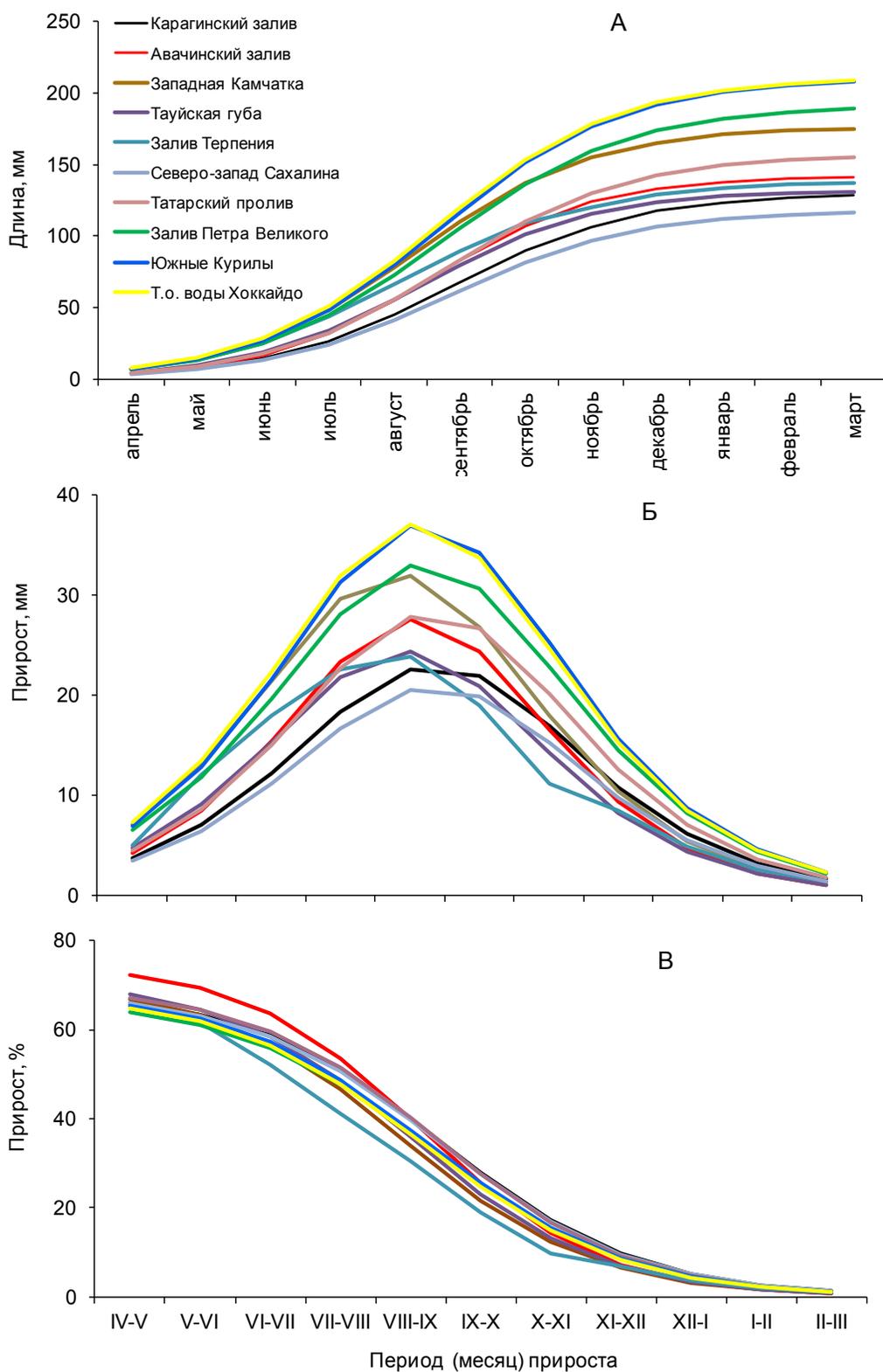


Рис. 3. Теоретические кривые линейного роста (А) и изменение абсолютных (Б) и относительных (В) месячных приростов наваги в течение первого года жизни

Fig. 3. Theoretical linear growth curves (А) and absolute (Б) and relative (В) monthly increments of body length for saffron cod in the first year of life

ных Курильских островов и тихоокеанского побережья Хоккайдо. Навага зал. Петра Великого, Татарского пролива и западной Камчатки по темпу роста на первом году занимает промежуточное положение. К последним можно отнести также навагу зал. Аляска (см. табл. 2). Наиболее интенсивное увеличение абсолютных приростов во всех районах наблюдается с июля по октябрь. За этот короткий период молодь набирает немногим более половины годовой длины. При этом у наваги из более южных районов приросты в эти месяцы на 10–15 мм больше, чем на севере.

В относительном выражении интенсивный рост приходится на первые полгода, когда ежемесячные приращения снижаются от 70 до 20 % длины, после чего темп относительного линейного роста резко замедляется. В целом динамика относительных приростов сходна во всех районах — плавное, а затем резкое снижение от начала года к концу. При этом заметных различий у рыб из южных и северных районов не наблюдается. Можно отметить лишь несколько более высокие приросты на начальном этапе у мальков наваги из Авачинского залива и, наоборот, низкие в зал. Терпения.

Весовой рост. Информация о весовых характеристиках наваги в течение первого года жизни крайне немногочисленна, а о параметрах весового роста практически отсутствует. По результатам экспериментов инкубирования икринок наваги известно, что масса выклюнувшихся предличинок колеблется в пределах 0,18–0,25 мг [Буслов, Сергеева, 2013]. Предполагается, что в Авачинской губе масса личинок в мае может составлять 10 мг [Василец, Доценко, 2003]. Эти же авторы сообщают, что в августе сеголетки в среднем весят 2,8 г, в сентябре — 6,5 г, в ноябре — 20,0, а годовики в марте — 21,8 г. Рассчитанный ими среднесуточный относительный прирост массы тела за первые 100 дней жизни составил 5,8 %.

На шельфе западного побережья Камчатки молодь наваги при средней длине 53 мм имела массу 0,91 г [Новикова и др., 2020]. В Карагинском заливе в октябре и ноябре сеголетки весили 7,4 и 10,5 г при длине соответственно 104 и 115 мм [Трофимов, 2017]. Имеющиеся в нашем распоряжении материалы по молоди наваги зал. Петра Великого позволяют охарактеризовать зависимость «длина–масса» для сеголеток и годовиков в размерном диапазоне 115–190 мм (рис. 4). Как видно, кривая имеет типичную для большинства рыб форму, когда увеличение массы пропорционально кубу длины с «коэффициентом формы», и описывается функцией $W = aL^b$, где W и L — соответственно масса (г) и длина (см), a и b — коэффициенты [Яржомбек, 2011]. Подобный тип зависимости приводится разными авторами и для других районов (табл. 5).

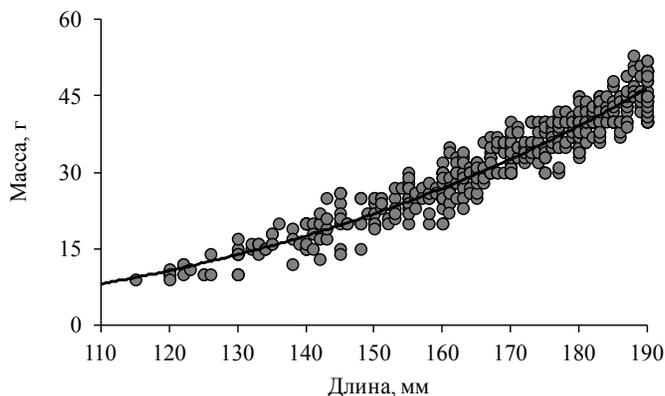


Рис. 4. Зависимость «длина–масса» наваги зал. Петра Великого на первом году жизни
 Fig. 4. Dependence «length–weight» in the first year of life for saffron cod in Peter the Great Bay

Можно предполагать, что такая связь между длиной и массой будет характерна для молоди наваги во всех районах ее обитания. Это позволяет реконструировать весовой рост в соответствии с логистическими уравнениями «возраст–длина», рассчитанными выше для разных районов (рис. 5).

Таблица 5

Параметры уравнений зависимости «длина–масса» у сеголеток наваги в разных районах

Table 5

Parameters of equation for «length–weight» dependence in the first year of life for saffron cod in different areas of their habitat

Район	Размерный диапазон, мм	a	b	R^2	Источник данных
Авачинская губа	50–180	0,008	2,99	0,98	Василец, Доценко, 2003
Карагинский залив	53–168	0,003	3,31	0,98	Трофимов, 2017
Западная Камчатка	30–70	0,002	3,60	0,93	Новикова и др., 2020
Зал. Петра Великого	115–190	0,003	3,20	0,97	Наши данные

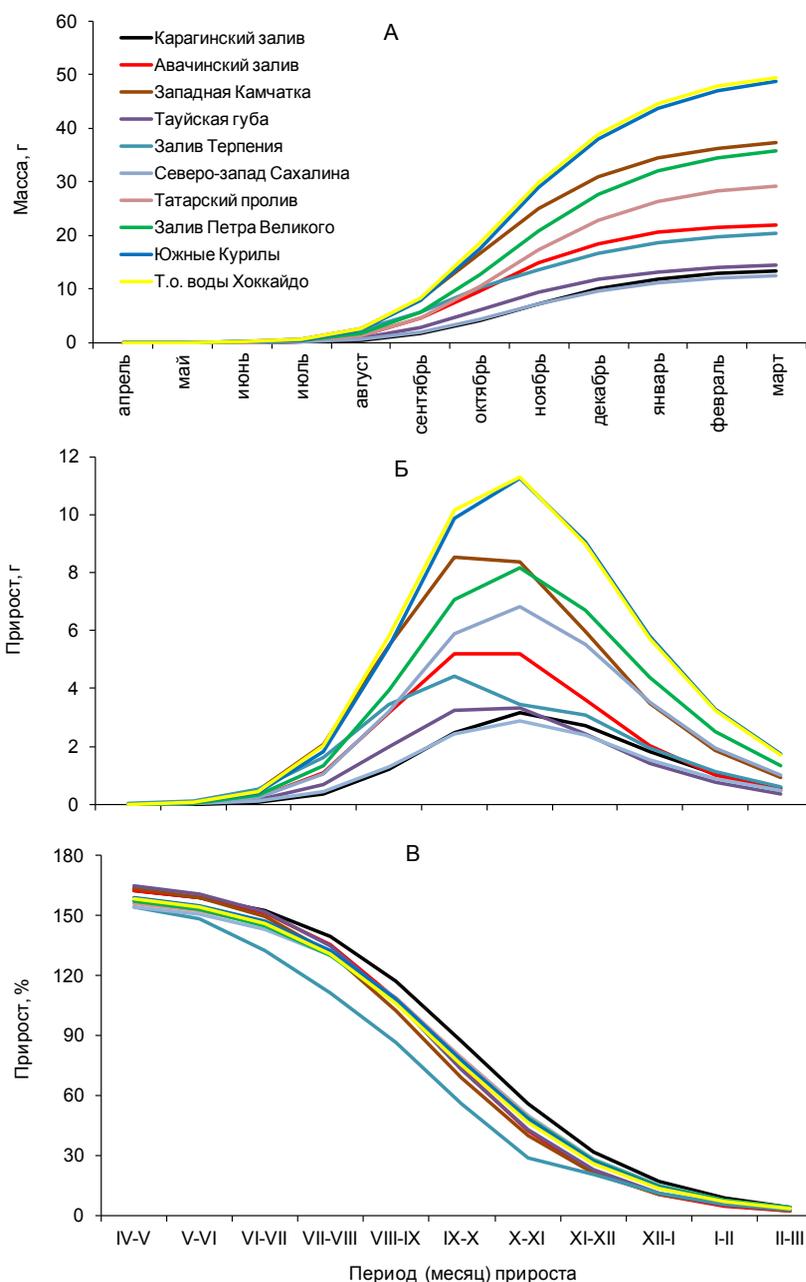


Рис. 5. Теоретические кривые весового роста (А) и изменение абсолютных (Б) и относительных (В) месячных приростов наваги в течение первого года жизни

Fig. 5. Theoretical weight growth curves (A) and absolute (B) and relative (B) monthly increments of body weight for saffron cod in the first year of life

Моделирование весового роста наваги свидетельствует о том, что на первом году жизни интенсивнее всего она набирает массу в тихоокеанских водах Хоккайдо и у южных Курильских островов, где масса годовиков составляет около 50 г. Это в 3,0–3,5 раза выше данного показателя в наиболее северных районах — Карагинском заливе, Тауйской губе и у северо-западного побережья Сахалина. Весовой рост наваги западного побережья Камчатки и зал. Петра Великого также можно считать достаточно интенсивным, поскольку годовики здесь имеют массу 36–37 г. В остальных районах (заливы Авачинский и Терпения, Татарский пролив) она колеблется от 20 до 29 г.

Основное преимущество в весовом росте молодь наваги из южных районов получает во второй половине года, когда абсолютные месячные приросты достигают 8–11 г, что значительно больше, чем в северных районах. Максимальные абсолютные приросты в большинстве случаев приходятся на седьмой месяц и только у наваги западного побережья Камчатки и зал. Терпения — на шестой. Тем не менее во всех районах более 70 % массы молодь набирает в течение четырех месяцев — с августа по ноябрь. Однако в относительном выражении наиболее интенсивный весовой рост приходится на первые пять месяцев жизни. В этот период масса молоди ежемесячно увеличивается в 2,0–2,5 раза во всех районах, после чего происходит резкое снижение темпа роста.

Заключение

Обобщив оценки моделирования, можно в усредненном виде охарактеризовать рост наваги на первом году жизни в азиатской части ареала (рис. 6). Наиболее интенсивный линейный рост происходит в первые четыре месяца жизни, когда длина личинок и мальков увеличивается примерно на 50–60 % ежемесячно. Осенью и зимой относительные приросты существенно снижаются и в конце первого года жизни со-

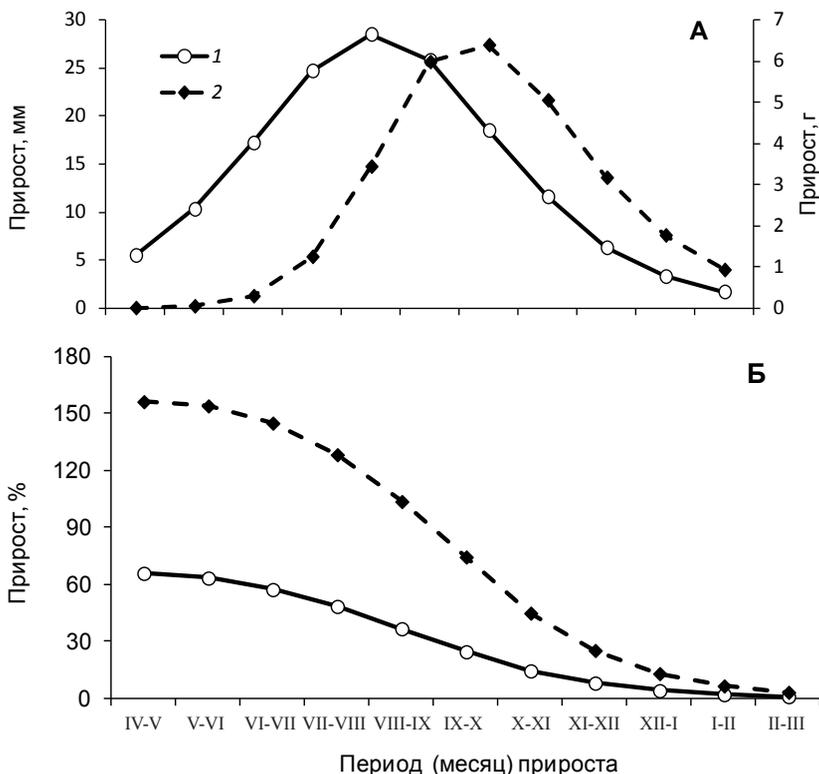


Рис. 6. Осредненные показатели абсолютных (А) и относительных (Б) приростов при линейном (1) и весовом (2) росте дальневосточной наваги на первом году жизни

Fig. 6. Average absolute (A) and relative (B) increments of linear (1) and weight (2) growth of saffron cod in the first year of life

ставляют 1–4 %. В абсолютном выражении приращения длины нарастают в первую половину года, достигая пика к концу лета — началу осени. В этот период длина рыб увеличивается на 25–30 мм в месяц. В оставшуюся часть года значения абсолютных приростов снижаются до 2–3 мм. Таким образом, за первую весну к началу лета навага в среднем достигает длины 16 мм, к середине осени она вырастает еще на 115 мм, а в холодное время года ее длина увеличивается на 23 мм.

Характер весового роста заметно отличается от линейного. В течение первых пяти месяцев жизни весовой рост у молоди наваги наиболее интенсивен и значительно превосходит линейный. За этот период ее масса ежемесячно увеличивается не менее чем вдвое. Величина относительных приростов постепенно уменьшается от первого месяца жизни к пятому. После чего при достижении массы около 5 г относительный темп весового роста резко снижается, при этом существенно увеличиваются абсолютные приросты. Максимальные приращения массы (5–6 г) приходятся на 6–8-й мес. жизни наваги, когда рыбы достигают длины более 86 мм. За этот короткий промежуток навага набирает немногим более 60 % массы первого года жизни. Следует также отметить, что пики линейных и весовых приростов не совпадают по времени и смещены примерно на два месяца относительно друг друга. Обобщенно можно констатировать, что максимальные приращения длины у молоди наваги приурочены к июлю–сентябрю, а массы — к сентябрю–ноябрю.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает благодарность всем сотрудникам ТИНРО, КамчатНИРО и Сах-НИРО, участвовавшим в сборе материала в экспедициях разных лет.

The author is thankful to all colleagues of TINRO, KamchatNIRO and SakhNIRO who collected the materials on saffron cod growth in marine expeditions conducted in many years.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented.

Список литературы

Архипов А.Г. Применение результатов изучения раннего онтогенеза морских промысловых рыб в рыбохозяйственной деятельности // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 156. — С. 16–37.

Богаевский В.Т. О нересте дальневосточной наваги // Изв. ТИНРО. — 1951. — Т. 34. — С. 260–261.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение : моногр. — Владивосток : ТИПРО-центр, 1997. — 217 с.

Будаева В.Д., Зуенко Ю.И., Макаров В.Г. Структура и динамика вод залива Петра Великого в условиях сильного летнего распреснения (2008–2009 гг.) // Тр. ДВНИГМИ. — 2010. — № 1. — С. 158–172.

Буслов А.В. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2005. — 224 с.

Буслов А.В., Овсянникова С.Л. Рост тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* на первом году жизни // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 849–865. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-849-865.

Буслов А.В., Сергеева Н.П. Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2013. — Вып. 29. — С. 5–69.

- Василец П.М., Доценко В.С.** О некоторых аспектах биологии наваги Авачинской губы в первые два года жизни // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. — 2003. — Вып. 4. — С. 279–286.
- Дехник Т.В., Серебряков В.П., Соин С.Г.** Значение ранних стадий развития рыб в формировании численности поколений // Теория формирования численности и рационального использования стад промысловых рыб. — М. : Наука, 1985. — С. 56–72.
- Дубровская Н.В.** Биология и промысел дальневосточной наваги : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М.: Мосрыбвтуз, 1954. — 15 с.
- Зайцев Г.Н.** Математическая статистика в экспериментальной ботанике : моногр. — М. : Наука, 1984. — 424 с.
- Иванова Л.В., Иванов А.Н.** О биологии дальневосточной наваги северо-западного побережья Сахалина // Тез. докл. Всерос. конф. мол. ученых, посвящ. 140-летию со дня рождения Н.М. Книповича. — Мурманск : ПИНРО, 2002. — С. 83–85.
- Измятинский Д.В.** Состав и биомасса рыб в сублиторали залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 66–83.
- Козлов Б.М.** Биология и промысел наваги в северной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. — 1959. — Т. 47. — С. 118–144.
- Козлов Б.М.** Наблюдения над развитием икры наваги // Изв. ТИНРО. — 1951. — Т. 34. — С. 261–262.
- Миша М.В., Клевезаль Г.А.** Рост животных: анализ на уровне организма : моногр. — М. : Наука, 1976. — 291 с.
- Мухачева В.А.** Материалы по развитию дальневосточной наваги (*Eleginus gracilis* Tilesius) // Тр. ИОАН СССР. — 1957. — Т. 20. — С. 356–370.
- Новикова О.В.** Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.)) прикамчатских вод : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2007. — 23 с.
- Новикова О.В., Климов А.В., Коломейцев В.В.** Некоторые данные о распределении мальков наваги *Eleginus gracilis* и минтая *Theragra chalcogramma* и качественный состав уловов разноглубинным тралом с мелкоячейной вставкой у западного побережья Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2020. — Вып. 59. — С. 27–38. DOI: 10.15853/2072-8212.2020.59.27-38.
- Покровская Т.Н.** Географическая изменчивость биологии наваги (рода *Eleginus*) // Тр. ИОАН СССР. — 1960. — Т. 31. — С. 19–110.
- Рикер У.Е.** Количественные показатели и модели роста рыб // Биоэнергетика и рост рыб. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — С. 346–402.
- Сафронов С.Н.** Экология дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) шельфа Сахалина и Южных Курильских островов : дис. ... канд. биол. наук. — Южно-Сахалинск, 1986. — 227 с.
- Семененко Л.И.** О локальных стадах тихоокеанской наваги и перспективах ее промысла в северной части ареала // Изв. ТИНРО. — 1965. — Т. 59. — С. 136–144.
- Стасенков В.А., Гончаров Ю.В.** Размерно-возрастная структура наваги *Eleginus nawaga* Белого, Баренцева и Карского морей // Вопр. ихтиол. — 2020. — Т. 60, № 3. — С. 297–308. DOI: 10.31857/S0042875220030224.
- Трофимов И.К.** О репродуктивной биологии наваги *Eleginus gracilis* бухты Оссора (юго-западная часть Берингова моря) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2009. — Вып. 12. — С. 86–91.
- Трофимов И.К.** Размерно-весовой состав и некоторые данные по отолитометрии сеголеток и двухлеток наваги *Eleginus gracilis* юго-западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2017. — Вып. 46. — С. 24–30. DOI: 10.15853/2072-8212.2017.46.24-30.
- Трофимов И.К.** Размерный состав сеголетков наваги *Eleginus gracilis* в уловах учетных донных тралений в заливах Карагинский, Корфа, Олюторский (Берингово море) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — Вып. 20. — С. 34–40.
- Юсупов Р.Р., Ракитина М.В.** Размножение, эмбриональное и раннее постэмбриональное развитие тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* (Gadidae) Тауйской губы (северная часть Охотского моря) // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 189. — С. 52–66. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-52-66.
- Яржомбек А.А.** Закономерности роста промысловых рыб : моногр. — М. : ВНИРО, 2011. — 182 с.
- Chambers R.C., Trippel E.A. (eds)** Early Life History and Recruitment in Fish Populations. — L. : Chapman & Hall, 1997. — 596 p.
- Chan A., Yoshida H., Sakurai Y.** Maturation, reproductive cycle, and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido, Japan // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. — 2007. — № 68. — P. 45–64.

Chen A.L. Biological aspects on age, growth and reproduction of saffron cod (*Eleginus gracilis*): Doctoral thesis. Faculty of Fisheries. — Japan: Hokkaido Univ., 1989. — 163 p. (in Japanese).

Dunn J.R., Vinter B.M. Development of larvae of the saffron cod, *Eleginus gracilis*, with comments on the identification of Gadid larvae in Pacific and Arctic waters contiguous to Canada and Alaska // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* — 1984. — Vol. 41, Iss. 2. — P. 304–318.

Haga S., Ishida T., Mikami S., Tanino Y. Growth and age determination of «Komai» *Eleginus gracilis* (Tilesius) // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* — 1957. — № 14. — P. 23–30.

Johnson S.W., Thedinga J.F., Neff A.D. Invasion by saffron cod *Eleginus gracilis* into nearshore habitats of Prince William Sound, Alaska, USA // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 2009. — Vol. 389. — P. 203–212. DOI: 10.3354/meps08226.

References

Arkhipov, A.G., Application of Study Results of the Commercial Pelagic Fish Early Ontogeny in Fisheries Management, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 156, pp. 16–37.

Bogaevsky, V.T., On the spawning of the Far Eastern saffron cod, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1951, vol. 34, pp. 260–261.

Borets, L.A., *Donnye ikhtiotseny rossii skogo shel'fa dal'nevostochnykh morei: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoye znachenie* (Benthic Ichthyocoenes on the Russian Shelf of the Far Eastern Seas: Composition, Structure, Functioning Elements, and Commercial Significance), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 1997.

Budaeva, V.D., Zuenko, Yu.I., and Makarov, V.G., Structure and dynamics of the Peter the Great Bay in the conditions of strong summer freshening (2008–2009), *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2010, vol. 1, pp. 158–172.

Buslov, A.V., *Rost mintaya i razmerno-voznastnaya struktura yego populyatsiy* (Pollock growth and size-age structure of its populations), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2005.

Buslov, A.V. and Ovsyannikova, S.L., Growth of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the first year of life, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 849–865. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-849-865

Buslov, A.V. and Sergeeva, N.P., Embryogenesis and early postembryonic development of codfishes of the far eastern seas, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2013, vol. 29, pp. 5–69.

Vasilets, P.M. and Dotsenko, V.S., On some aspects of the biology of saffron cod in the Avacha Bay during the first two years of life, *Tr. Kamchatskogo Fil. Tikhookean. Inst. Geogr. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2003, vol. 4, pp. 279–286.

Dekhnik, T.V., Serebryakov, V.P., and Soin, S.G., The importance of the early stages of fish development in the formation of the number of generations, in *Teoriya formirovaniya chislennosti i ratsional'nogo ispol'zovaniya stad promyslovykh ryb* (Theory of the formation of the number and rational use of commercial fish stocks), Moscow: Nauka, 1985, pp. 56–72.

Dubrovskaya, I.M., Biology and fishing of the Far Eastern cod, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow: Moskovskiy tekhnicheskii institut rybnoy promyshlennosti i khozyaystva im. Mikoyana, 1954.

Zaitsev, G.N., *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* (Mathematical statistics in experimental botany), Moscow: Nauka, 1984.

Ivanova, L.V. and Ivanov, A.N., On the biology of the Far Eastern saffron cod off the north-western coast of Sakhalin, in *Tez. dokl. Vseros. konf. molodykh uchenykh, posvyashch. 140-letiyu so dnya rozhdeniya N.M. Knipovicha* (Proc. All-Russ. Conf. Young Sci. Commem. 140th Year Anniv. Birth N.M. Knipovich), Murmansk: PINRO, 2002, pp. 83–85.

Izmyatinsky, D.V., Species composition and biomass of fishes in inner sublittoral of Peter the Great Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 138, pp. 66–83.

Kozlov, B.M., Biology and fishery of navaga in the northern part of the Tatar Strait, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1959, vol. 47, pp. 118–144.

Kozlov, B.M., Observations on the development of navaga caviar, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1951, vol. 34, pp. 261–262.

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.

Mukhacheva, V.A., Materials on the development of the Far Eastern saffron cod (*Eleginus gracilis* Tilesius), *Tr. Inst. Okeanol. im. P.P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1957, vol. 20, pp. 356–370.

Novikova, O.V., Far Eastern navaga (*Eleginus gracilis* (Til.)) of Kamchatka waters, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2007.

Novikova, O.V., Klimov, A.V., and Kolomeytsev, V.V., Some data about distribution of fry saffron cod *Eleginus gracilis* and walleye pollock *Theragra chalcogramma* on the west coast of Kamchatka and species composition in the catches of midwater trawl with a small-meshed insertion, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2020, vol. 59, pp. 27–38. doi 10.15853/2072-8212.2020.59.27-38

Pokrovskaya, T.N., Geographical variability in the biology of saffron cod (genus *Eleginus*), *Tr. Inst. Okeanol. im. P.P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1960, vol. 31, pp. 19–110.

Ricker, W.E., Quantitative indicators and models of fish 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.

Safronov, S.N., Ecology of the Far Eastern navaga *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) from the Sakhalin shelf and the South Kuril Islands, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Yuzhno-Sakhalinsk, 1986.

Semenenko, L.I., On the local herds of the Pacific saffron cod and the prospects for its fishing in the northern part of the range, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1965, vol. 59, pp. 136–144.

Stasenkov, V.A. and Goncharov, Y.V., Size-age structure of navaga *Eleginus nawaga* in the White, Barents, and Kara Seas, *J. Ichthyol.*, 2020, vol. 60, no. 3, pp. 422–432. doi 10.1134/S0032945220030170

Trofimov, I.K., On the reproductive biology of saffron cod *Eleginus gracilis* in the Ossora Bay (the south-western Bering Sea), *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2009, vol. 12, pp. 86–91.

Trofimov, I.K., The size and weight composition and the some data of the otolith shape analysis of underyearlings and two-year-old individuals of saffron cod *Eleginus gracilis* in the south-western part of the Bering Sea, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2017, vol. 46, pp. 24–30. doi 10.15853/2072-8212.2017.46.24-30

Trofimov, I.K., Size composition of young-of-the-year saffron cod *Eleginus gracilis* from Karaginsky, Korf and Olutorsky Bays, the Bering Sea, on the data from the bottom trawl surveys, *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 2011, vol. 20, pp. 34–40.

Yusupov, R.R. and Rakitina, M.V., Reproduction, embryonic and early post-embryonic development of saffron cod *Eleginus gracilis* Gadidae) from the Tauyskaya Guba Bay (northern Okhotsk Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 189, pp. 52–66. doi 10.26428/1606-9919-2017-189-52-66

Yarzhombek, A.A., *Zakonomernosti rosta promyslovykh ryb* (Regularities of growth of commercial fish), Moscow: VNIRO, 2011.

Chambers, R.C. and Trippel, E.A., eds., *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*, London: Chapman & Hall, 1997.

Chan, A., Yoshida, H., and Sakurai, Y., Maturation, reproductive cycle, and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido, Japan, *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 2007, no. 68, pp. 45–64.

Chen, A.L., Biological aspects on age, growth and reproduction of saffron cod, *Eleginus gracilis*, *Doctoral thesis. Faculty of Fisheries*, Japan: Hokkaido Univ, 1989.

Dunn, J.R. and Vinter, B.M., Development of larvae of the saffron cod, *Eleginus gracilis*, with comments on the identification of Gadid larvae in Pacific and Arctic waters contiguous to Canada and Alaska, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1984, vol. 41, no. 2, pp. 304–317.

Haga, S., Ishida, T., Mikami, S., and Tanino, Y., Growth and age determination of «Komai» *Eleginus gracilis* (Tilesius), *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 1957, no. 14, pp. 23–30.

Johnson, S.W., Thedinga, J.F., and Neff, A.D., Invasion by saffron cod *Eleginus gracilis* into nearshore habitats of Prince William Sound, Alaska, USA, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2009, vol. 389, pp. 203–212. doi 10.3354/meps08226

Поступила в редакцию 7.12.2022 г.

После доработки 15.12.2022 г.

Принята к публикации 3.03.2023 г.

The article was submitted 7.12.2022; approved after reviewing 15.12.2022;
accepted for publication 3.03.2023