

УДК 597.555.51–113.4

**А.В. Буслов, С.Л. Овсянникова***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**РОСТ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS*
НА ПЕРВОМ ГОДУ ЖИЗНИ**

На основании данных наблюдений и обобщения опубликованных материалов рассмотрен линейный и весовой рост тихоокеанской трески на первом году жизни в разных районах ее обитания. Посредством логистической функции смоделирован ее рост в течение года. Показано, что в южных районах обитания треска растет значительно быстрее. Наиболее интенсивный линейный рост трески происходит в первые три месяца жизни, когда длина личинок и мальков увеличивается примерно на 50 % ежемесячно. К осени и зиме относительные приросты снижаются. В абсолютном выражении приращения длины нарастают в первую половину года, достигая пика во второй половине лета — первой половине осени. В этот период длина рыб увеличивается на 25–30 мм в месяц. В оставшуюся часть года значения абсолютных приростов снижаются. Характер весового роста заметно отличается от линейного. В течение первого полугодия у молоди трески весовой рост наиболее интенсивен и значительно превосходит линейный. За этот период относительные ежемесячные приросты массы изменяются от 142 до 85 %, постепенно уменьшаясь от первого месяца жизни к шестому. После чего, при достижении массы около 4 г, относительный темп весового роста резко снижается, при этом существенно увеличиваются абсолютные приросты. Максимальные приращения массы (8–10 г) приходятся на седьмой-девятый месяцы жизни трески, когда рыбы достигают длины более 10 см. За этот короткий промежуток треска набирает 58 % массы первого года жизни. Пики линейных и весовых приростов не совпадают по времени и смещены примерно на 2 мес. относительно друг друга — максимальные приращения длины приурочены к шестому месяцу жизни, а массы — к восьмому.

Ключевые слова: тихоокеанская треска, линейный и весовой рост, относительный и абсолютный прирост, логистическая функция, районы обитания.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-849-865.

Buslov A.V., Ovsyannikova S.L. Growth of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the first year of life // Izv. TINRO. — 2021. — Vol. 201, Iss. 4. — P. 849–865.

Data of observations and published materials on linear and weight growth of pacific cod in the first year of life are analyzed for different habitats. The growth curve is approximated by logistic function. Monthly increments for the body length of larvae and fry are about 50 % in the first three months of life, when growth is the most intense. Absolute length increments increase in the first half of the year and reach the maximum of 25–30 mm per month in late summer —

* Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, e-mail: aleksandr.buslov@tinro-center.ru; Овсянникова Светлана Леонидовна, исполняющая обязанности заведующей лабораторией, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru.

Buslov Alexander V., Ph.D., deputy head, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: aleksandr.buslov@tinro-center.ru; Ovsyannikova Svetlana L., acting head of laboratory, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru.

early autumn, then decrease in the rest of the year. Relative body length increments decrease in autumn and winter, too. The cod grow faster in southern areas. Weight growth patterns are different from the linear growth. The weight growth is the most intense in the first half of year, when relative weight increments exceed significantly the length increments — monthly weight increments decrease gradually from 142 % in the first month of life to 85 % in the sixth month. When the weight reaches app. 4 g, the relative weight increments decrease abruptly though the absolute increments continue to increase until the 7–9th months of life when they reach 8–10 g per month for fish with body length > 10 cm. The cod weight increases by 58 % in this short period of the highest growth. Time lag between the peaks of absolute increments of length (in the sixth month of life) and weight (in the eighth month) is about 2 months.

Key words: pacific cod, linear growth, weight growth, relative increment, absolute increment, logistic function, habitat.

Введение

Изучение роста рыб в период раннего онтогенеза является важной составляющей в познании их биологии. Именно в этот период рост как количественная характеристика развития приобретает существенное морфогенетическое значение, поскольку сопровождается метаморфозами (предличинка, личинка, малек, сеголетки), 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; Early Life History..., 1997; Архипов, 2015; и др.].

В этом смысле исследования роста в раннем онтогенезе представляют несомненный интерес для изучения важных промысловых видов, к которым безусловно можно отнести тихоокеанскую треску *Gadus macrocephalus*. Однако приходится констатировать, что у трески, обитающей в российских водах дальневосточных морей, эта часть онтогенеза остается малоизученной, поскольку отечественными исследователями данному вопросу уделялось критически мало внимания. Если в широко известной обобщающей работе П.А. Моисеева [1953] можно найти хотя бы немногочисленную информацию о размерах молоди в ряде районов, то в современной сводке по тихоокеанской треске нет ничего нового по этому вопросу [Тихоокеанская треска..., 2013]. Поэтому вполне справедливо замечание В.П. Шунтова, высказанное в предисловии к монографии, упомянутой выше, что экология ранних стадий трески почти не исследована. Не лучше ситуация с представлениями о росте трески на первом году жизни и в других районах ее обитания — в водах тихоокеанского побережья Канады и США, у берегов Японии и Корейского полуострова. Упоминания о размерах пойманной молоди в разрозненных работах также не позволяют судить о закономерностях и характере ее роста.

Слабая изученность роста тихоокеанской трески в раннем онтогенезе во многом обусловлена объективными сложностями со сбором материалов. Несмотря на то что местоположение основных ее нерестилищ и сроки икрометания известны [Савин, 2016], поимки ранней молоди весьма немногочисленны. Личинки и мальки в уловах ихтиопланктонных сетей и мальковых неводов встречаются достаточно редко и улавливаются преимущественно случайно [Мухачева, Звягина, 1960; Булатов, 1986; Балыкин и др., 2002; Максименков, 2007]. По этой причине полноценные представления о районах обитания трески в первые месяцы жизни отсутствуют, что, в свою очередь, не позволяет наладить системные работы по отлову ее молоди.

Вместе с тем необходимо отметить, что с 90-х гг. прошлого столетия в Японии и Республике Корея широкое распространение получили работы по искусственному воспроизводству и выращиванию тихоокеанской трески*. Понятно, что наблюдения

* International Symposium on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod. Geoje: Gyeongsang National University, 2008. Vol. 14. 106 p.

в закрытых контролируемых системах не дают полноценного представления о росте рыб в природных условиях. Тем не менее результаты экспериментов позволяют описать особенности роста в таком проблемном для исследований периоде, как ранний постэмбриогенез.

В целом, несмотря на явный дефицит информации, на наш взгляд, необходимо в обобщенном виде охарактеризовать закономерности роста тихоокеанской трески в течение первого года жизни с привлечением имеющихся первичных и опубликованных материалов. Это и являлось целью настоящей работы.

Материалы и методы

В осенне-зимний период треска, будучи сеголеткой, начинает попадаться в уловах донных траловых съемок. Однако исследования в этот период нерегулярны в разных районах, а поимки сеголеток в большей степени эпизодичны. Экспедиции, в которых были собраны имеющиеся в нашем распоряжении материалы, представлены в табл. 1.

Таблица 1
Перечень экспедиций с поимками и измерениями молоди тихоокеанской трески первого года жизни

Table 1

List of surveys with captures and measurements of juvenile pacific cod

Район	Месяц/год	Судно	Орудие лова	Кол-во измерений
Западная часть Берингова моря	XII/1985	СРТМ-К «Горный»	Донный трал	336
	XI/1990	СРТМ-К «Шурша»	«	140
	XI/2000	РТМС «Багратион»	«	13
	X/2001	НИС «Профессор Кагановский»	«	67
	XI/2002	РКМРТ «Фортуна»	«	22
	II/2005	РТМС «Багратион»	«	5
	IX/2007	Береговые исследования	Мальковый невод	15
Юго-восточное побережье Камчатки	XII/1981	НПС «Немирово»	Донный трал	130
	IX/1999	СРТМ-К «Шурша»	«	35
	IV/1998	МФТ «Иоланта»	Ихтиопланктонная сеть	6
	II/2002	МРТК-316	Снюрревод	18
	IV/2005	МРТК-316	Ихтиопланктонная сеть	13
Западное побережье Камчатки	II/1981	НПС «Немирово»	Донный трал	213
	IX/2003	СРТМ-К «Панкара»	«	74
	VI/2005	Береговые исследования	Мальковый невод	9
	VIII/2009	НИС «Профессор Кизеветтер»	Донный трал	10
Зал. Петра Великого	VIII/1994	МРС-150	Снюрревод	3
	IV/2009	РКМРТ «Бухоро»	Донный трал	24

Данные о росте предличинок получены в результате экспериментов по инкубированию икринок тихоокеанской трески, методика проведения которых была подробно описана ранее [Буслов, Сергеева, 2013]. Всего промерено 568 предличинкок.

Для описания роста в течение первого года жизни в естественных условиях 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; L_{∞} — асимптотическая длина в годовалом возрасте; t — месяц жизни; γ и β — коэффициенты уравнения. Такой тип кривой применялся ранее для минтая [Буслов, 2005]. 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. Рассмотрение вопросов роста тихоокеанской трески на ранних этапах развития логично начать с анализа материалов по ее содержанию в искусственных условиях. Результаты этих работ дают возможность оценить закономерности линейного роста трески на начальных этапах онтогенеза, что всегда проблематично выполнить в природных условиях.

Размеры выклюнувшихся предличинок, указываемые разными авторами, варьируют, но в целом достаточно близки: 3,6–4,0 мм [Горбунова, 1954], 3,3–3,8 [Мухачева, Звягина, 1960], 4,4–5,6 [Буслов, Сергеева, 2013], 3,8–5,0 [Юсупов, 2015], 4,1–4,8 [Forrester, 1964], 3,7–4,4 мм [Park, 2008].

Эксперименты по содержанию предличинок в аквариальных условиях свидетельствуют о том, что в первые 10 дней жизни их линейный рост достаточно интенсивен за счет использования ресурсов желтка. При отсутствии корма темп роста по мере рассасывания желточного мешка снижается и прекращается (рис. 1). Суточные приросты в период желточного питания составляют 0,05–0,10 мм.

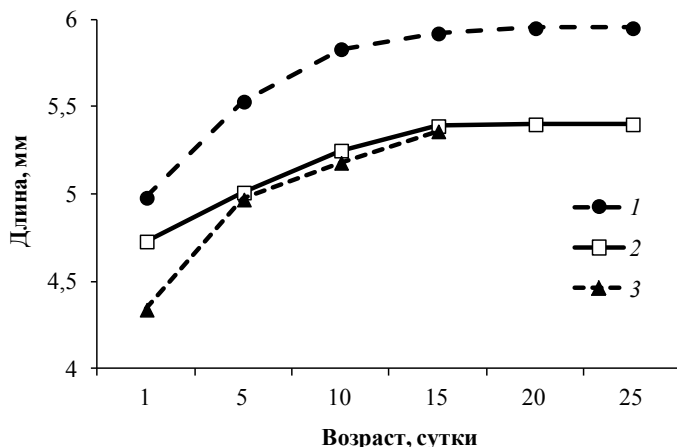


Рис. 1. Изменение средней длины предличинок тихоокеанской трески в экспериментах без кормления: 1 — восточная Камчатка (наши данные); 2 — о. Кадьяк [Laurel et al., 2008]; 3 — Тауйская губа северной части Охотского моря [Юсупов, 2015]

Fig. 1. Variations of mean length for prelarvae of pacific cod in experiments without feeding: 1 — East Kamchatka (authors' data); 2 — Kodiak Island [Laurel et al., 2008]; 3 — Tauiskaya Guba Bay [Yusupov, 2015]

У 5-суточных предличинок средней длиной 5,8 мм заканчивается формирование челюстного аппарата, после чего они способны переходить на смешанное питание [Буслов, Сергеева, 2013]. В условиях контролируемого содержания предличинки длиной 5 мм начинали питаться коловратками на восьмой день после выклева [Park, 2008]. В природных условиях пищу в желудках (яйца и науплии копепода) также отмечали у предличинок длиной 5 мм [Takatsu et al., 1995].

Размеры, при которых желточный мешок полностью рассасывается и заканчивается фаза предличинки, варьируют по данным разных авторов — 4,1 мм [Мухачева, Звягина, 1960], 4,6 [Park, 2008], не менее 5,3 [Forrester, 1964], 5,7 [Горбунова, 1954], 6,2 мм (наши данные). Можно полагать, что личиночная фаза у тихоокеанской трески начинается при длине от 4,5 до 6,0 мм в зависимости от региона.

Изменение линейных размеров личинок трески в ходе их содержания в искусственных условиях в течение первых 2–3 мес. жизни показано на рис. 2 [Zhang, 1984; Narimatsu et al., 2007; Tezuka, 2008; Hurst et al., 2009]. При средней длине выклюнувшихся предличинок около 4–5 мм к месячному возрасту этот показатель увеличивается в 2 раза — до 8,0–10,0 мм, а суточные приросты составляют в среднем 0,2 мм [Narimatsu et al., 2007]. По окончании второго месяца выращивания личинки достигают размера 16–20 мм, а еще через месяц их длина, как правило, колеблется от 30 до 40 мм. При этом, судя по наблюдениям, личинки еще ведут пелагический образ жизни [Park, 2008]. По всей видимости, к началу мальковой фазы тихоокеанская треска достигает длины 35–40 мм и переходит к придонному образу жизни. После фазы малька у нее не происходит существенных морфологических изменений в строении тела [Мухачева, Звягина, 1960]. Дальнейшее развитие выражается в увеличении размеров и носит количественное выражение.

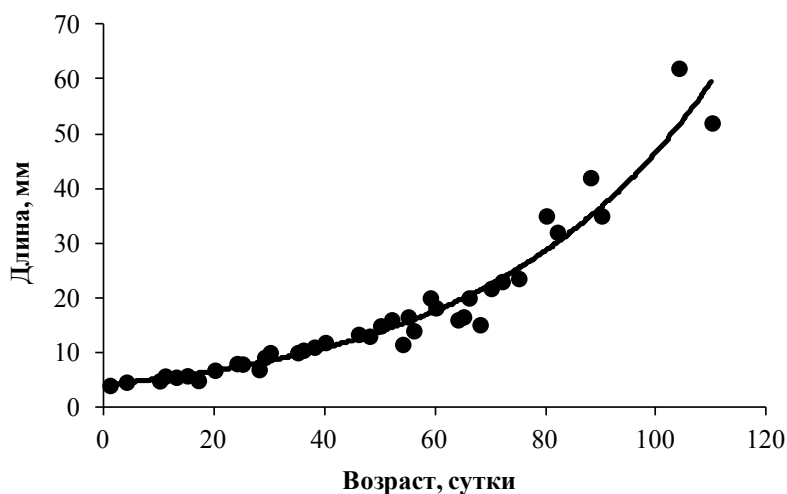


Рис. 2. Зависимость «возраст–длина» трески в первые месяцы жизни при содержании в искусственных условиях

Fig. 2. Relationship between age and length for pacific cod in the first months of life in artificial conditions

В целом данные разных экспериментов свидетельствуют о том, что в течение первых 100–110 дней жизни увеличение длины личинок и мальков носит экспоненциальный характер и удовлетворительно описывается уравнением $L = 4,06 \cdot e^{0,0244t}$, где L — длина рыбы, мм; t — возраст, сут. Аналогичный характер роста в этот период отмечался, например, и для атлантической трески [Campana, Hurley, 1989].

По результатам почти годичного содержания в контролируемых условиях молодь трески к середине декабря достигла средней длины — 15,3 см [Seo et al., 2007]. Характер роста рыб был близок к линейному, что вполне объяснимо при стабильных температурных условиях и кормлении. Тем не менее некоторые эксперименты показывают, что темп роста может зависеть от ряда факторов. Так, например, различный подбор кормов приводил к тому, что через 90 сут после выклева разница в длине мальков, имевших разные диеты, достигала в среднем 18 мм [Park, 2008].

Известны эксперименты, подтверждающие влияние температуры на рост трески. Суточные приросты длины личинок увеличивались в 2 раза с ростом температуры от

2 до 10 °C [Hurst et al., 2010]. Мальки, содержащиеся в более теплых по сравнению с натурной температурой условиях, имели по окончании эксперимента на четверть больше размеры [Park, 2008; Park, Kim, 2016]. Однако необходимо отметить, что при температуре свыше 13 °C ускорения роста трески не наблюдалось, при этом значительно возрастала смертность. Авторами также был определен температурный оптимум для коэффициента усвоения корма, который составил 8,5 °C [Park, Kim, 2016].

Немаловажным фактором, определяющим темп роста мальков в искусственных условиях, оказалась величина емкостей, в которых содержится рыба. Так, личинки трески, помещенные при длине 20–30 мм в садки, расположенные в море, к 100-дневному возрасту оказались на треть длиннее личинок, выращивавшихся в закрытых танках [Tezuka, 2008]. В другом эксперименте мальки, содержащиеся в емкостях, вмещавших 25 т воды, в декабре имели длину 166 мм, тогда как в емкостях меньшего объема (1,5 т) к этому времени они достигли длины только 125 мм (личное сообщение Бюн Сун Гю). Очевидно, что в естественных условиях такой фактор не будет влиять на рост рыб, однако его необходимо учитывать в случае искусственного выращивания трески.

Если обобщить данные экспериментов по выращиванию трески, то кривая изменения ее длины в течение первого года жизни может быть условно охарактеризована двумя типами роста: экспоненциальный с февраля по июль и практически линейный в последующие месяцы (рис. 3). Наиболее интенсивный рост наблюдается в первые 5 мес. жизни, в течение которых длина особи увеличивается в 20 раз, с 4 до 80 мм. При этом в относительном выражении динамика приростов имеет достаточно необычный вид — возрастает с февраля по июнь, после чего резко замедляется и вновь незначительно увеличивается в ноябре-декабре.

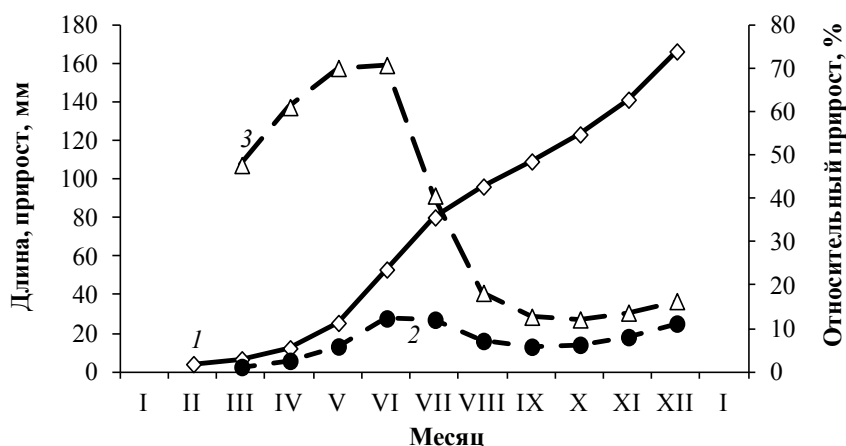


Рис. 3. Изменение длины (1), абсолютных (2) и относительных (3) приростов в течение первого года жизни тихоокеанской трески, содержащейся в искусственных условиях [по: Zhang, 1984; Narimatsu et al., 2007; Seo et al., 2007; Park, 2008; Tezuka, 2008; Hurst et al., 2010]

Fig. 3. Dynamics of length (1) and absolute (2) and relative (3) increments for pacific cod in the first year of life in artificial conditions [from: Zhang, 1984; Narimatsu et al., 2007; Seo et al., 2007; Park, 2008; Tezuka, 2008; Hurst et al., 2010]

Все данные о длине молоди трески, пойманной в традиционных районах ее обитания, обобщены в табл. 2. Интересно сравнить рост рыб в естественных и искусственных условиях. Так, в водах юго-восточной части Корейского полуострова в течение первого полугодия он сходен: молодь в экспериментах и в морских уловах имела близкую длину. В следующие полгода сеголетки трески в естественных условиях росли интенсивней и к январю достигали длины 20–27 см, тогда как в экспериментах — 18 см. Это подтверждает высказанное выше предположение, что наблюдения за ростом рыб в регулируемых условиях не дают полноценного представления о его потенциале в естественной среде.

Таблица 2
Table 2Средние и преобладающие размеры тихоокеанской трески на первом году жизни в разных районах, мм
Mean and modal length of pacific cod in the first year of life, by areas, mm

Район	Месяц												Источник данных		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		I	II
Юго-восточные воды Южной Кореи	3-6	10-13	15-25	23-40	40-70	60-90	80-100					200-270			Моисеев, 1953
Зал. Петра Великого							60 70	90							Наши данные Моисеев, 1953
Зал. Муцу, о. Хонсю		4,4 5-6	11,5 20-30	34	62 70-80	69	112	125 100-150					210		Takatsu et al., 2001 Mishima, 1984
Южные Курильские острова									70-130					195	Моисеев, 1953
Западная Камчатка						45		66	83				135	140	Наши данные Моисеев, 1953
Северные Курильские острова														138	Полтев, Немчинова, 2006
Юго-восточная Камчатка				6,5		65	67		90			130 100-190		143	Наши данные Моисеев, 1953
Западная часть Берингова моря						13			70-90	93	104	117		130	Наши данные Булатов, 1986
Восточная часть Берингова моря								56-82	100	115					Bakkala, 1984 Miller et al., 2016
О. Кадьяк						60	55	70 75 65			140				Laurel et al., 2008 Blackburn, 1984 Brown et al., 1984
Британская Колумбия					30-93	52	63-115 107				207	218	241	200-300 255	264 Ketchen, 1961, 1964

Примечание. Заштрихован месяц массового нереста.

Обобщенные данные о длине молоди трески в течение первого года жизни (за начало отсчета принят месяц массового выклева) свидетельствуют о S-образной форме кривой роста, что характерно для многих рыб [Яржомбек, 2011] (рис. 4). В южных районах обитания треска за первый год жизни достигает существенно больших размеров, чем в северных. В этом смысле не находит подтверждение тезис П.А. Моисеева [1953] о том, что молодь трески в северных водах растет гораздо интенсивнее, чем на юге. Это наглядно демонстрируют результаты моделирования роста посредством логистических уравнений по приведенным выше данным (табл. 3, рис. 5).

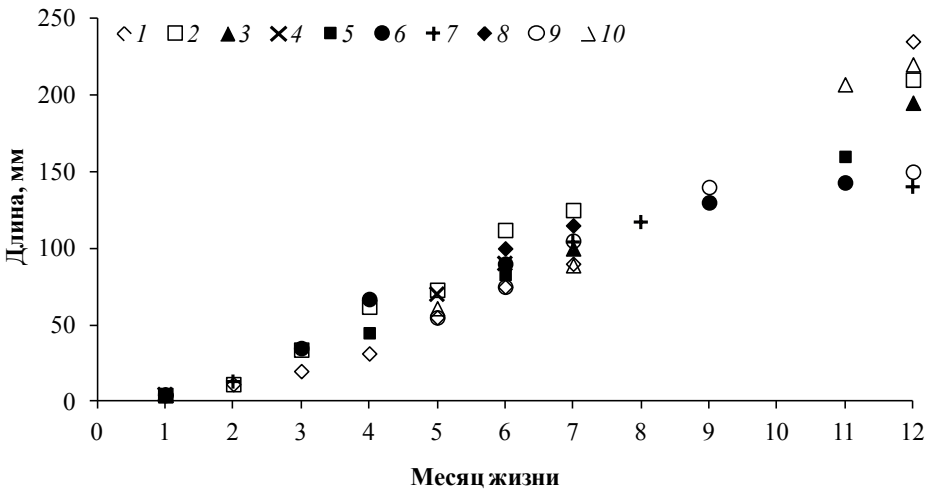


Рис. 4. Размеры трески из разных районов обитания, наблюдаемые на первом году жизни в естественных условиях: 1 — воды Южной Кореи; 2 — зал. Муцу, о. Хонсю; 3 — южные Курильские острова; 4 — зал. Петра Великого; 5 — западная Камчатка; 6 — юго-восточная Камчатка; 7 — западная часть Берингова моря; 8 — восточная часть Берингова моря; 9 — зал. Аляска; 10 — воды Британской Колумбии

Fig. 4. Size of pacific cod from different habitats in the first year of life in natural conditions: 1 — waters of South Korea; 2 — Mutsu Bay, Honshu Island; 3 — at southern Kuril Islands; 4 — Peter the Great Bay; 5 — at western Kamchatka; 6 — at southeastern Kamchatka; 7 — western Bering Sea; 8 — eastern Bering Sea; 9 — Gulf of Alaska; 10 — waters of British Columbia

Таблица 3

Параметры уравнений зависимости «возраст–длина» для первого года жизни трески разных районов

Table 3

Parameters of equation for body length dependence on age for pacific cod in the first year of life, by areas

Район	Коэффициенты		L_{∞} , мм	Ошибка (SE)
	β	γ		
Воды Южной Кореи	-0,288	2,024	236	3,2
Зал. Муцу, о. Хонсю	-0,278	1,754	211	4,6
Южные Курильские острова	-0,278	1,876	205	4,9
Западная Камчатка	-0,251	1,557	141	5,8
Восточная Камчатка	-0,240	1,393	150	4,3
Западная часть Берингова моря	-0,257	1,460	135	5,1
Восточная часть Берингова моря	-0,268	1,458	145	4,8
Зал. Аляска	-0,270	1,610	155	3,6
Воды Британской Колумбии	-0,259	1,827	225	4,4

Примечание. L_{∞} — асимптотическая длина в годовалом возрасте.

В относительно теплых водах Южной Кореи, Японии, южных Курильских островов и Британской Колумбии треска после четвертого месяца жизни имеет наиболее

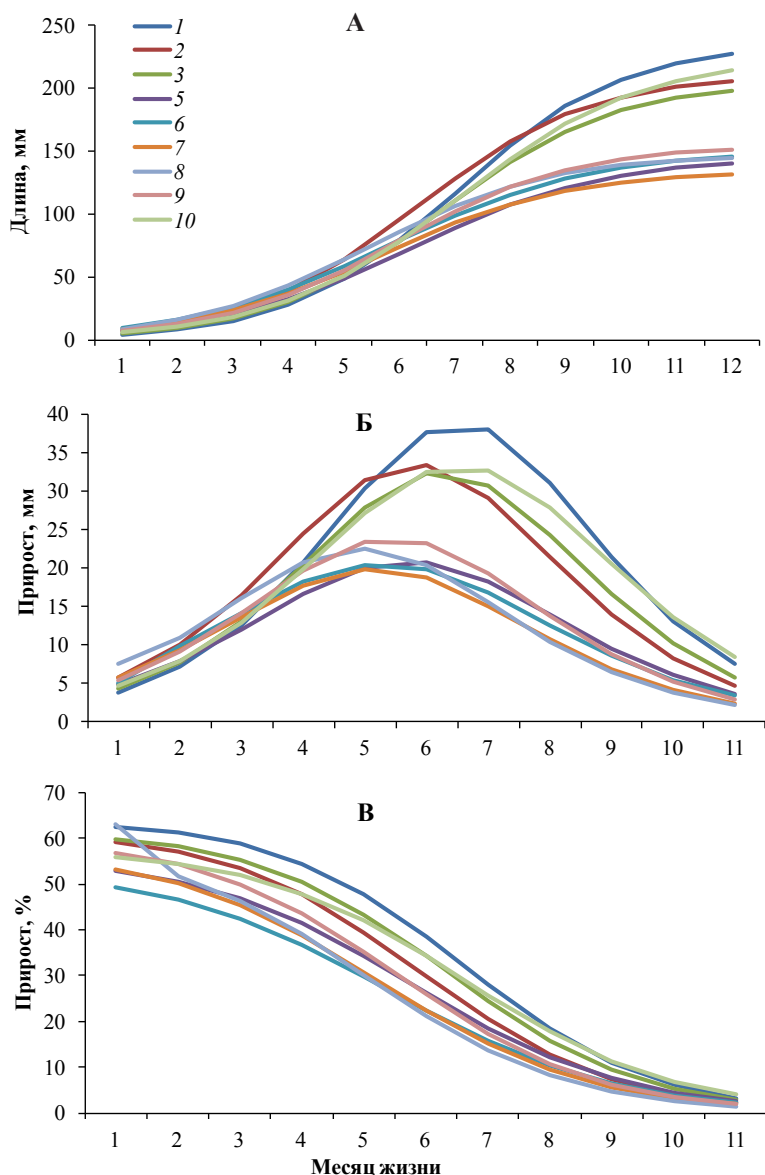


Рис. 5. Линейный рост трески на первом году жизни (А), абсолютные (Б) и относительные (В) приросты. Нумерация как на рис. 4

Fig. 5. Linear growth of pacific cod in the first year of life (А) and absolute (Б) and relative (В) increments of the body length. The areas numbers as for Figure 4

высокие показатели линейного роста. В итоге длина годовиков в южных районах составляет 20 см и более, тогда как годовалые особи из северной части ареала достигают в среднем 13–14 см. Максимальные абсолютные приросты у последних наблюдаются в течение четвертого-шестого месяцев жизни, а у трески, обитающей южнее, на пятом-седьмом месяцах. Однако если расположить кривые роста в соответствии со сроками нереста и выклева личинок, то наибольшие абсолютные приросты у трески повсеместно приурочены к наиболее теплomu периоду года (июль-сентябрь). В относительном выражении интенсивный рост приходится на первые полгода, когда ежемесячные приращения составляют 60–30 % длины. При этом динамика относительных приростов сходна во всех районах (плавное снижение от начала года к концу), а их величина у рыб из южных районов в среднем на 5–10 % больше в течение первых 8 мес. жизни.

Весовой рост. Информация о весовых характеристиках трески в течение первого года жизни крайне немногочисленна. Средняя масса выклюнувшихся предличинок, измеренная в итоге экспериментов по инкубации икры, составляла 0,17 мг [Буслов и др., 2010]. Известно, что в зал. Муцу мальки трески длиной 40 мм имеют массу около 0,5 г, а длиной 70 мм — 2,9 г. Зависимость «длина–масса» для молоди этого размерного диапазона описывается степенной функцией [Takatsu, 2008].

В условиях искусственного выращивания треска длиной 8 см набирала массу 3–4 г, а через 7 мес. при длине 18 см — 57 г [Seo et al., 2007]. Близкие весовые характеристики наблюдались и в другом эксперименте, где в течение 6 мес. масса и длина изменялись следующим образом: 8 см — 4 г; 10 см — 6; 11 см — 9; 13 см — 20; 17 см — 41 г (личное сообщение Бюн Сун Гю).

В зал. Петра Великого, по нашим данным, при длине 9 см мальки трески имели среднюю массу 10 г, а молодь длиной 17–19 см весила 40–70 г. У юго-восточного побережья Камчатки при аналогичной длине масса особей варьировала в близком диапазоне — 46–76 г. Известно также, что у побережья северных Курильских островов масса сеголеток трески длиной 11–14 см составляет 11–16 г [Полтев, Виноградов, 2004]. Вышеприведенные данные позволяют построить зависимость массы трески от длины на первом году жизни, которая удовлетворительно ($R^2 = 0,998$) описывается степенной функцией $W = 0,006L^{3,098}$, где W и L — соответственно масса (г) и длина (см) (рис. 6).

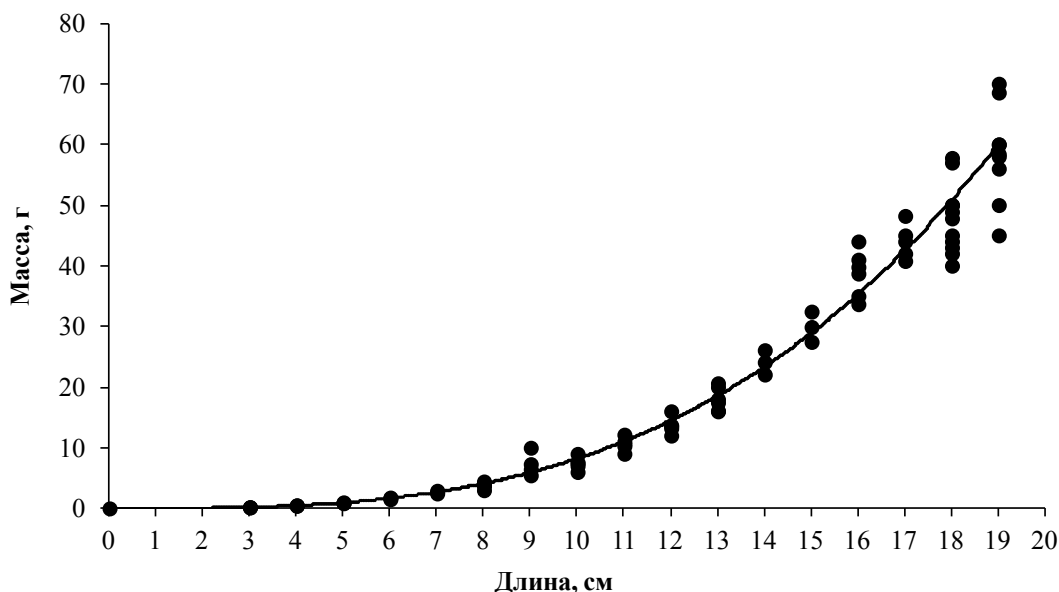


Рис. 6. Зависимость массы тела трески от длины на первом году жизни

Fig. 6. Body weight dependence on body length for pacific cod in the first year of life

Как видно на рис. 6, кривая имеет типичную для большинства рыб форму, когда увеличение массы пропорционально кубу длины с «коэффициентом формы» [Яржомбек, 2011]. Можно полагать, что такая зависимость будет характерна для трески во всех районах ее обитания. Это позволяет реконструировать весовой рост трески в соответствии с логистическими уравнениями «возраст–длина», рассчитанными для разных районов (рис. 7).

Моделирование весового роста трески свидетельствует о том, что на первом году жизни в южных районах она набирает массу значительно интенсивнее, чем в северных. Если в водах Южной Кореи, Японии, южных Курильских островов и Британской Колумбии масса годовиков составляет 69–90 г, то в остальных районах колеблется в пределах 18–27 г. Основное преимущество в весовом росте молодь трески из южных

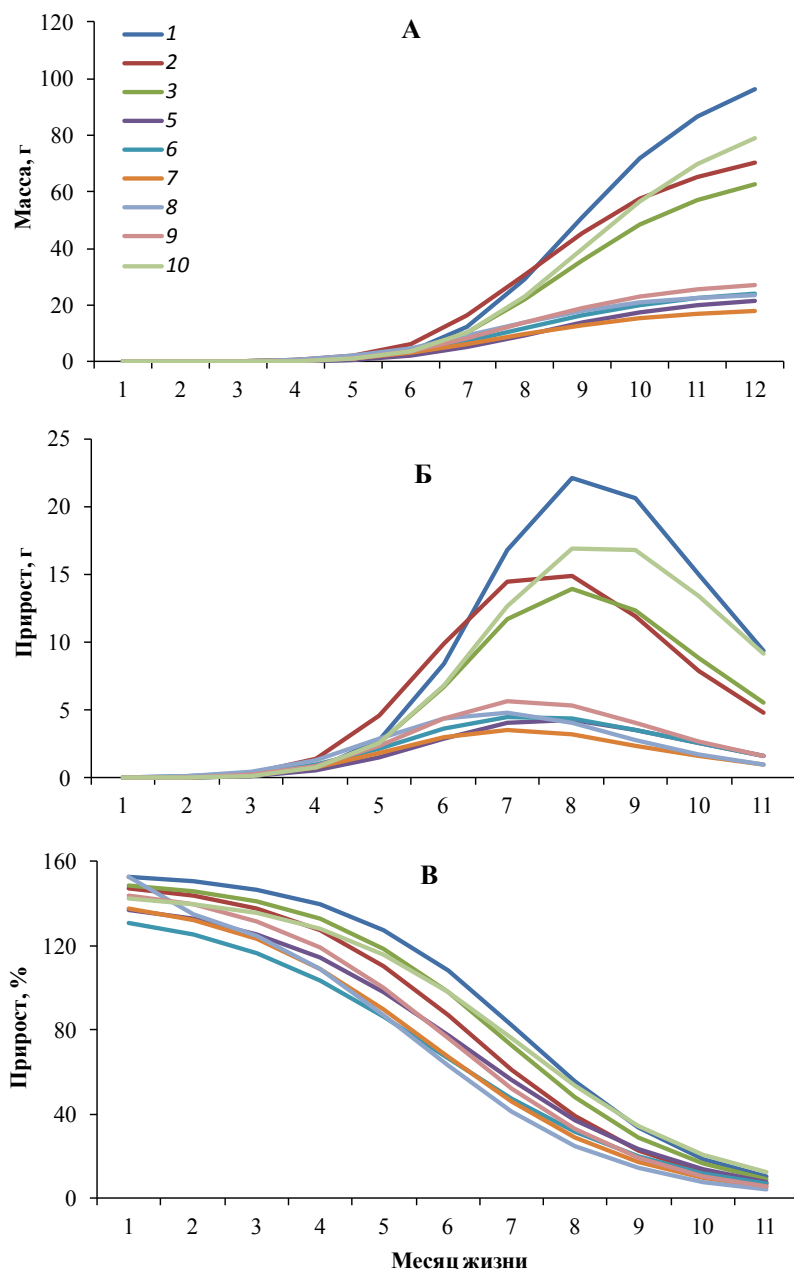


Рис. 7. Весовой рост трески на первом году жизни (А), абсолютные (Б) и относительные (В) приросты. Нумерация как на рис. 4

Fig. 7. Weight growth of pacific cod in the first year of life (А) and absolute (Б) and relative (В) increments of the body weight. The areas numbers as for Figure 4

районов получает во второй половине года, когда абсолютные месячные приросты достигают 10–20 г, что в 2–3 раза выше, чем в северных районах. Максимальные абсолютные приросты у последних наблюдаются в течение шестого-восьмого месяцев жизни, а у трески, обитающей южнее, на седьмом-девятом месяцах. В относительном выражении наиболее интенсивный весовой рост приходится на первые полгода. В этот период масса молоди ежемесячно увеличивается в 2,0–2,5 раза во всех районах, после чего происходит резкое снижение темпа роста. Однако относительные приросты у молоди трески из южных районов в среднем на 15 % больше, чем из северных.

Закключение

Обобщив оценки моделирования, можно в усредненном виде охарактеризовать рост трески на первом году жизни в пределах ареала (рис. 8). Наиболее интенсивный линейный рост происходит в первые три месяца жизни, когда длина личинок и мальков увеличивается примерно на 50 % ежемесячно. Это вполне соотносится с наблюдениями в искусственных условиях, которые показали, что в течение первых 100 дней жизни длина личинок, а затем мальков возрастала экспоненциально. К осени и зиме относительные приросты снижаются. В абсолютном выражении приращения длины нарастают в первую половину года, достигая пика к середине фенологического года, который, как отмечалось выше, приурочен ко второй половине лета — первой половине осени. В этот период длина рыб увеличивается на 25–30 мм в месяц. В оставшуюся часть года значения абсолютных приростов снижаются. Таким образом, за первую весну к началу лета треска в среднем достигает длины 5 см, к осени она вырастает еще на 7–8 см, за осень и зиму длина увеличивается на 3–4 см.

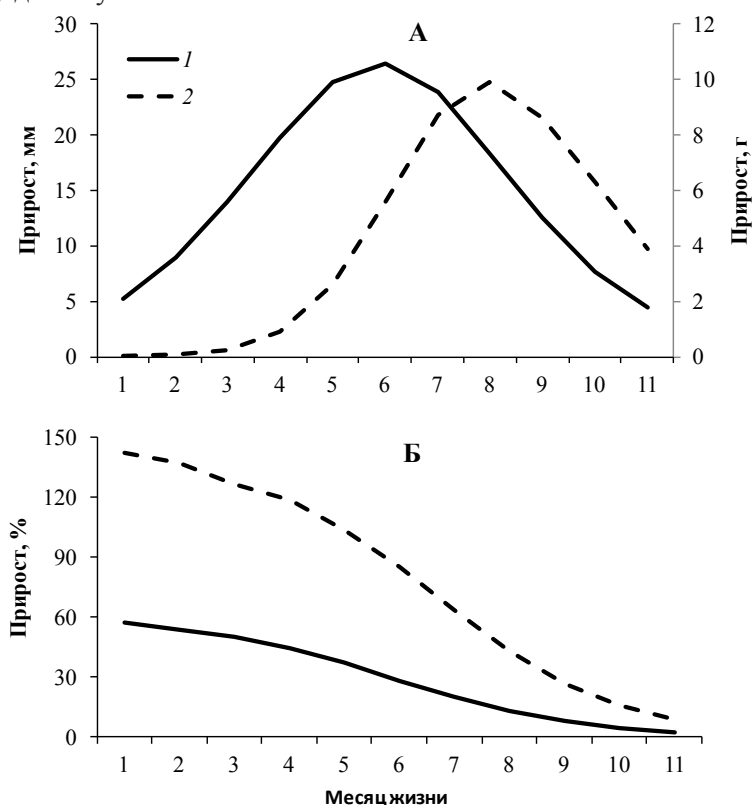


Рис. 8. Осредненные показатели линейного (1) и весового (2) роста тихоокеанской трески на первом году жизни: А — абсолютные приросты; Б — относительные приросты

Fig. 8. Average values of linear growth (1) and weight growth (2) for pacific cod in the first year of life: А — absolute increments; Б — relative increments

Характер весового роста заметно отличается от линейного. В течение первого полугодия у молоди трески весовой рост наиболее интенсивен и значительно превосходит линейный. За этот период ее масса ежемесячно увеличивается двукратно. Величина относительных приростов постепенно уменьшается от первого месяца жизни к шестому, после чего при достижении массы около 4 г относительный темп весового роста резко снижается, при этом существенно увеличиваются абсолютные приросты. Максимальные приращения массы (8–10 г) приходятся на седьмой-девятый месяцы жизни трески, когда рыбы достигают длины более 10 см. За этот короткий промежуток треска набирает 58 % массы первого года жизни. Следует также отме-

тить, что пики линейных и весовых приростов не совпадают по времени и смещены примерно на 2 мес. относительно друг друга. Обобщенно можно констатировать, что максимальные приращения длины приурочены к июлю-сентябрю (к 6 мес. жизни), а массы — к августу-сентябрю (к 8 мес. жизни).

Благодарности

Авторы глубоко признательны сотруднику Научно-исследовательского центра марикультуры Восточного моря (Республика Корея) Бюн Сун-Гю (Soon-Gyu) за предоставленную при личной встрече информацию о росте молоди трески в экспериментах по ее воспроизводству и содержанию.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

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

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

А.В. Буслов — концепция исследования; написание исходного текста; итоговые выводы. С.Л. Овсянникова — участие в реализации концепции исследования; доработка текста; итоговые выводы.

Список литературы

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

Балыкин П.А., Сергеева Н.П., Балыкина Н.В. Зимне-весенний ихтиопланктон восточной части Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2002. — Вып. 6. — С. 27–32.

Булатов О.А. Распределение икры и личинок тресковых (подсемейство Gadinae) в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря // Тресковые дальневосточных морей. — Владивосток : ТИНРО, 1986. — С. 89–101.

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

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.

Буслов А.В., Сергеева Н.П., Ильин О.И. Эмбриональное развитие трески *Gadus macrocephalus* Gadidae // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 160. — С. 71–88.

Горбунова Н.Н. Размножение и развитие минтая // Тр. ИОАН СССР. — 1954. — Т. 11. — С. 132–195.

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.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике : моногр. — М. : Наука, 1984. — 424 с.

Максименков В.В. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и побережье Камчатки : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2007. — 278 с.

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

Моисеев П.А. Треска и камбалы дальневосточных морей : Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.

Мухачева В.А., Звягина О.А. Развитие тихоокеанской трески *Gadus morhua macrocephalus* Tilesius // Тр. ИОАН СССР. — 1960. — Т. 31. — С. 145–165.

Полтев Ю.Н., Виноградов С.А. Некоторые вопросы, связанные с зараженностью сеголеток тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) северокурильских вод копеподой *Naemobaphes diceraus* (Copepoda: Pennellidae) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2004. — Т. 6. — С. 301–304.

Полтев Ю.Н., Немчинова И.А. К вопросу об условиях обитания и питании сеголеток трески в водах северных Курильских островов // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2006. — Т. 8. — С. 267–271.

Рикер У.Е. Количественные показатели и модели роста рыб // Биоэнергетика и рост рыб. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — С. 346–402.

Савин А.Б. Нерестилища тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в северо-западной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 187. — С. 48–71. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71.

Тихоокеанская треска дальневосточных вод России : моногр. / под ред. А.М. Орлова. — М. : ВНИРО, 2013. — 320 с.

Юсупов Р.Р. Эмбриональное и личиночное развитие тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Тауйской губы (северная часть Охотского моря) // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 182. — С. 23–37. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-182-23-37.

Яржомбек А.А. Закономерности роста промысловых рыб : моногр. — М. : ВНИРО, 2011. — 182 с.

Bakkala R.G. Pacific cod of the eastern Bering Sea // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 157–179.

Blackburn J. Observation on the growth of Pacific cod in the Kodiak area // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 152–156.

Brown E.S., Rose C.S., Cummings N.J. Information on Pacific cod from winter research trawl surveys in the Kodiak Island region, 1977–81 // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 130–151.

Campana S.E., Hurley P.C.F. An age- and temperature-mediated growth model for cod (*Gadus morhua*) and caddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in the Gulf of Maine // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1989. — Vol. 46, № 4. — P. 603–613.

Early Life History and Recruitment in Fish Populations / eds R.C. Chambers, E.A. Trippel. — L. : Chapman & Hall, 1997. — 596 p.

Forrester C.R. Laboratory observations on embryonic development and larvae of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) // J. Fish. Res. Board Can. — 1964. — Vol. 21, № 1. — P. 9–16. DOI: 10.1139/f64-002.

Hurst T.P., Cooper D.W., Scheingross J.S. et al. Effects of ontogeny, temperature, and light on vertical movements of larval Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Fish. Oceanogr. — 2009. — Vol. 18, № 5. — P. 301–311.

Hurst T.P., Laurel B.J., Ciannelli L. Ontogenetic patterns and temperature-dependent growth rates in early life stages of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Fish. Bull. — 2010. — Vol. 108. — P. 382–392.

Ketchen K.S. Observations on the ecology of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Canadian waters // J. Fish. Res. Board Can. — 1961. — Vol. 18, № 4. — P. 513–558.

Ketchen K.S. Preliminary results of studies on growth and mortality of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Hecate Strait, British Columbia // J. Fish. Res. Board Can. — 1964. — Vol. 21, № 5. — P. 1051–1067.

Laurel B.J., Hurst T.P., Copeman L.A., Davis M.W. The role of temperature on the growth and survival of early and late hatching Pacific cod larvae (*Gadus macrocephalus*) // J. Plankt. Res. — 2008. — Vol. 30, № 9. — P. 1051–1060.

Miller J.A., DiMaria R.A., Hurst T.P. Patterns of larval source distribution and mixing in early life stages of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the southeastern Bering Sea // Deep-Sea Res. II. — 2016. — Vol. 134. — P. 270–282. DOI: 10.1016/j.dsr2.2014.12.012.

Mishima S. Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 180–188.

Narimatsu Y., Hattori T., Ueda Y. et al. Somatic growth and otolith microstructure of larval and juvenile Pacific cod *Gadus macrocephalus* // Fish. Sci. — 2007. — Vol. 73, № 6. — P. 1257–1264.

Park D.W. Studies on mass seedling production of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (in Korean). — Pukyong National University, 2008. — 144 p.

Park J., Kim P.K. The effects of water temperature on growth performance and hematology of Pacific cod *Gadus macrocephalus* reared in land-based culture tanks // Fish. Sci. — 2016. — Vol. 82, № 6. — P. 953–960. DOI: 10.1007/s12562-016-1020-x.

Seo Y.S., Park M.E., Kim J.G., Lee S.U. Egg development and juvenile growth of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Korean East Sea population) // Kor. J. Fish. Aquat. Sci. — 2007. — Vol. 40, Iss. 6. — P. 380–386. DOI: 10.5657/kfas.2007.40.6.380.

Takatsu T. Early life history and population fluctuation of Pacific cod in Mutsu Bay // Intern. Symp. on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod. — Geoje : Gyeongsang National University, 2008. — Vol. 14. — P. 64–79.

Takatsu T., Nakatani T., Mutoh T., Takahashi T. Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu Bay, Japan // Fish. Sci. — 1995. — Vol. 61, № 3. — P. 415–422.

Takatsu T., Yoshida Y., Kooka K. et al. Spatial and temporal distribution of Pacific Cod *Gadus macrocephalus* juveniles in Mutsu Bay, Japan // Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. — 2001. — Vol. 65, № 1. — P. 6–14.

Tezuka N. Present state on Sea-Farming of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Notojima Station // Intern. Symp. on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod. — Geoje : Gyeongsang National University, 2008. — Vol. 14. — P. 80–96.

Zhang Ch.I. Pacific cod of South Korean waters // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 42. — P. 116–129.

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.

Balykin, P.A., Sergeeva, N.P., and Balykina, N.V., Winter-spring ichthyoplankton in the eastern part of the Sea of Okhotsk, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2002, vol. 6, pp. 27–32.

Bulatov, O.A., Distribution of eggs and larvae of *Gadus* (subfamily Gadinae) in the Pacific coast of Kamchatka and western Bering Sea, in *Treskovyye dal'nevostochnykh morey* (Gadidae of the Far Eastern Seas), Vladivostok: TINRO, 1986, pp. 89–101.

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

Buslov, A.V. and Sergeeva, N.P., Embryogenesis and early postembryonic development of codfishes of the far eastern seas, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2013, vol. 29, pp. 5–69.

Buslov, A.V., Sergeeva, N.P., and Ilyin, O.I., Embryonic development of pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 160, pp. 71–88.

Gorbunova, N.N., Reproduction and development of pollock, *Tr. Inst. Okeanol. im. P. P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1954, vol. 11, pp. 132–195.

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, *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.

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

Maksimenkov, V.V., *Pitaniye i pishchevyye otnosheniya molodi ryb, obitayushchikh v estuariyakh rek i pribrezh'ye Kamchatki* (Nutrition and nutritional relationships of juvenile fish living in estuaries of rivers and the coast of Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2007.

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.

Moiseev, P.A., Cod and flounders of the Far Eastern seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1953, vol. 40.

Mukhacheva, V.A. and Zvyagina, O.A., Development of the Pacific cod *Gadus morhua* macrocephalus Tilesius, *Tr. Inst. Okeanol. im. P. P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1960, vol. 31, pp. 145–165.

Poltev, Yu.N. and Vinogradov, S.A., Some questions connected with infestation of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) fingerlings from the northern Kuril waters by the copepod *Haemobaphes diceraus* (Copepoda: Pennellidae), in *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopedel'nykh akvatoriyakh* (Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 6, pp. 301–304.

Poltev, Yu.N. and Nemchinova, I.A., Habitat conditions and feeding of cod fingerlings in waters of the northern Kuril Islands, in *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopedel'nykh akvatoriyakh* (Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 8, pp. 267–271.

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.

Savin, A.B., Spawning grounds of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 187, pp. 48–71. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71

Tikhookeanskaya treska dal'nevostochnykh vod Rossii (Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia), Orlov A.M., ed., Moscow: VNIRO, 2013.

Yusupov, R.R., Embryonic and larval development of pacific cod *Gadus macrocephalus* from the Tauyskaya Bay (northern Okhotsk Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 182, pp. 23–37. doi 10.26428/1606-9919-2015-182-23-37

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

Bakkala, R.G., Pacific cod of the eastern Bering Sea, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 157–179.

Blackburn, J., Observation on the growth of Pacific cod in the Kodiak area, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 152–156.

Brown, E.S., Rose, C.S., and Cummings, N.J., Information on Pacific cod from winter research trawl surveys in the Kodiak Island region, 1977–81, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 130–151.

Campana, S.E. and Hurley P.C.F., An age- and temperature-mediated growth model for cod (*Gadus morhua*) and caddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in the Gulf of Maine, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1989, vol. 46, no. 4, pp. 603–613.

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

Forrester, C.R., Laboratory observations on embryonic development and larvae of the Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius), *J. Fish. Res. Board Can.*, 1964, vol. 21, no. 1, pp. 9–16. doi 10.1139/f64-002

Hurst, T.P., Cooper, D.W., Scheingross, J.S., Seale, E.M., Laurel, B.J., and Spencer, M.L., Effects of ontogeny, temperature, and light on vertical movements of larval Pacific cod (*Gadus macrocephalus*), *Fish. Oceanogr.*, 2009, vol. 18, no. 5, pp. 301–311.

Hurst, T.P., Laurel, B.J., and Ciannelli, L., Ontogenetic patterns and temperature-dependence of growth in early life stages of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*), *Fish. Bull.*, 2010, vol. 108, pp. 382–392.

Ketchen, K.S., Observations on the ecology of the Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) in Canadian waters, *J. Fish. Res. Board Can.*, 1961, vol. 18, no. 4, pp. 513–558.

Ketchen, K.S., Preliminary results of studies on a growth and mortality of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Hecate Strait, British Columbia, *J. Fish. Res. Board Can.*, 1964, vol. 21, no. 5, pp. 1051–1067.

Laurel, B.J., Hurst, T.P., Copeman, L.A., and Davis, M.W., The role of temperature on the growth and survival of early and late hatching Pacific cod larvae (*Gadus macrocephalus*), *J. Plankt. Res.*, 2008, vol. 30, no. 9, pp. 1051–1060.

Miller, J.A., DiMaria, R.A., and Hurst, T.P., Patterns of larval source distribution and mixing in early life stages of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the southeastern Bering Sea, *Deep-Sea Res. Part II*, 2016, vol. 134, pp. 270–282. doi 10.1016/j.dsr2.2014.12.012

Mishima, S., Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 180–188.

Narimatsu, Y., Hattori, T., Ueda, Y., Matsuzaka, H., and Shiogaki, M., Somatic growth and otolith microstructure of larval and juvenile Pacific cod *Gadus macrocephalus*, *Fish. Sci.*, 2007, vol. 73, no. 6, pp. 1257–1264.

Park, D.W., Studies on mass seedling production of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (in Korean), Pukyong National University, 2008.

Park, J. and Kim, P.K., The effects of water temperature on growth performance and hematology of Pacific cod *Gadus macrocephalus* reared in land-based culture tanks, *Fish. Sci.*, 2016, vol. 82, no. 6, pp. 953–960. doi 10.1007/s12562-016-1020-x

Seo, Y.S., Park, M.E., Kim, J.G., and Lee S.U., Egg development and juvenile growth of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Korean East Sea population), *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2007, vol. 40, no. 6, pp. 380–386. doi 10.5657/kfas.2007.40.6.380

Takatsu, T., Early life history and population fluctuation of Pacific cod in Mutsu Bay, *Intern. Symp. on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod*, Geoje: Gyeongsang National University, 2008, vol. 14, pp. 64–79.

Takatsu, T., Nakatani, T., Mutoh, T., and Takahashi, T., Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu Bay, Japan, *Fish. Sci.*, 1995, vol. 61, pp. 415–422.

Takatsu, T., Yoshida, Y., Kooka, K., Sugimoto, K., and Takahashi, T., Spatial and temporal distribution of Pacific Cod *Gadus macrocephalus* juveniles in Mutsu Bay, Japan, *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 2001, vol. 65, no. 1, pp. 6–14.

Tezuka, N., Present state on Sea-Farming of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Notojima Station, *Intern. Symp. on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod*, Geoje: Gyeongsang National University, 2008, vol. 14, pp. 80–96.

Zhang, Ch.I., Pacific cod of South Korean waters, *Intern. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 42, pp. 116–129.

International Symposium on Stock Enhancement and Fisheries Management of Pacific Cod, Geoje: Gyeongsang National University, 2008, vol. 14.

Поступила в редакцию 6.09.2021 г.

После доработки 14.10.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.