

УДК: 639.371:639.3

Оценка скорости роста молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) в различных температурных условиях

Е.В. Тарасюк, С.Н. Тарасюк

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: eltarasyuk@yandex.ru

Наблюдения и экспериментальные работы проводились на лососевых рыбноводных заводах, расположенных на острове Сахалин. Применён метод масштабных характеристик, предназначенный для количественного описания развития и роста молоди лососей с учётом температуры в раннем онтогенезе при их искусственном воспроизводстве. Выявлены регрессионные зависимости биологических показателей эмбрионов, свободных эмбрионов, личинок и мальков кижуча в зависимости от биологического возраста. Использование в качестве биологической меры времени развития показателя биологического возраста позволяет с высокой точностью прогнозировать момент наступления массового вылупления личинок кижуча при любой температуре в диапазоне толерантности вида. Рост массы тела личинок и убыль желточного мешка с высокой долей вероятности описываются уравнениями прямой. Возраст, при котором происходит снижение массы тела, маркирует момент, наступление которого должно сопровождаться началом полноценного кормления личинок. Температуры 9–11 °С предположительно соответствуют температурному оптимуму для подращивания сеголетков кижуча. Полученные количественные уравнения позволяют моделировать скорость роста молоди кижуча при различных температурных режимах. Результаты могут быть использованы для оптимизации биотехники воспроизводства кижуча на лососевых рыбноводных заводах в целях развития пастбищной аквакультуры.

Ключевые слова: пастбищная аквакультура, молодь кижуча *Oncorhynchus kisutch*, рост, температура, метод масштабных характеристик, терморегуляция, биологический возраст.

ВВЕДЕНИЕ

Мировая добыча кижуча, которая ведётся в водах Тихого океана четырьмя странами — США, Канадой, Россией и Японией, по данным ФАО, возрастала в период с 1950 по 1966 г. с 30,5 до 46,9 тыс. т в год. В последующем, до 1994 г., она колебалась в пределах от 13,2 до 53,0 тыс. т, а в 2010–2011 гг. она составила лишь 20,0–20,8 тыс. т в год. В России среднегодовой улов кижуча за пе-

риод с 1950 по 2011 г. был равен 3,47 тыс. т с минимумом и максимумом 1,20 и 7,60 тыс. т соответственно [ФАО, 2013].

Увеличение уловов кижуча в 1960–1970 гг. в США и Канаде связывалось с ростом объёма его искусственного разведения, которое проводилось с целью восстановления природных популяций и увеличения объёмов промышленного вылова [Лихатович, 2004]. Вместе с тем данным автором сделан вывод, что по-

пытка использования лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) в США для увеличения численности естественных популяций не только не удалась, но и фактически привела к дальнейшему сокращению численности. Причина этому — недостаточность научных знаний по биологии и экологии лососей и о закономерностях функционирования экосистем. По данным NРАFC, выпуск молоди кижуча с ЛРЗ США, Канады и России после 1996 г., когда он составлял 122,5 млн шт., начал постепенно снижаться и в 2009–2010 гг. уменьшился до 63,9–86,9 млн шт. в год [NРАFC, 2010].

В мировой практике молодь кижуча с рыбоводных заводов выпускают как сеголетками, так и годовиками. В США практически все ЛРЗ перешли на выращивание годовиков кижуча. Считается, что такая биотехника более эффективна, так как при выпуске молоди массой 15–28 г её выживаемость достигает 6,0–43,5% [Bilton et al., 1982]. Объём искусственного воспроизводства кижуча рыбоводными заводами России невелик и год от года снижается. Если в 2004 г. выпуск молоди кижуча лососевыми рыбоводными заводами составлял 11,8 млн шт., то к 2010 г. он уменьшился почти в 2 раза, составив 6,1 млн шт. [NРАFC, 2010]. Практически все российские ЛРЗ выпускают кижуча сеголетками массой менее 5 г, а коэффициенты возврата не достигают 1% [Запорожец, 2006]. Крайне низкая эффективность работы ЛРЗ по искусственному воспроизводству кижуча на Дальнем Востоке России отмечалась и в работах Зорбиди [2010], Запорожца и Запорожец [2008], Смирнова и др. [2006].

Основной причиной столь низких коэффициентов возврата заводского кижуча является то, что выпущенная с ЛРЗ молодь не является смолтом и вынуждена нагуливаться в бассейне реки завода ещё 1–2 года. Столь длительное пребывание в условиях конкуренции с дикой молодью за нагульное пространство и корм приводит к снижению выживаемости.

Интерес к восстановлению диких популяций кижуча начал снижаться также в связи с очевидными успехами садкового выращивания рыб этого вида. Мировая продукция марикультуры кижуча к 2000 г. превысила 100 тыс. т, а в 2011 г. составила максимальную

историческую величину — 159,7 тыс. т. Лидерами по объёмам выращиваемого товарного кижуча являются Чили и Япония. В России лишь на экспериментальном уровне в 1976–1980 гг. проводились работы по получению посадочного материала и определению возможности выращивания кижуча до товарной массы в Белом море [Романычева, Сальникова, 1979; Душкина, 1981; Крутакова, 1982]. Было установлено, что семужьи рыбоводные заводы российского севера в принципе пригодны для инкубации икры и выращивания сеголетков кижуча, однако для интенсификации роста посадочного материала необходимо использовать подогрев воды. Дальнейшего развития данное направление аквакультуры в России не получило. Причиной этому, кроме непосредственных технических сложностей и потенциальных значительных материальных затрат на подогрев воды и, соответственно, ожидаемого снижения рентабельности производства, послужили некоторые негативные последствия крупномасштабного садкового выращивания лососей, в том числе кижуча, в других странах. Быстрое распространение и развитие индустрии лососеводства в Чили, где в садках выращиваются атлантический лосось, кижуч и радужная форель, сильно отразилось на окружающей среде, и встали вопросы о возможном негативном влиянии на экологию. Оно включает в себя изменение бентосных сообществ, увеличение количества нутриентов в прибрежных водах и связанные с этим проблемы вредного цветения воды, использование различных химических препаратов и бегство лососевых, выращиваемых в садках, в дикую природу. С интенсификацией садковой аквакультуры в Чили распространился ряд заболеваний, включая и те, причиной которых являются болезнетворные бактерии, морская вошь и инфекционный панкреатический некротический вирус. Бактериальные заболевания стали причиной летального сепсиса у лососевых в садковой индустрии Чили. Только за 1995 г. более 10 млн лососевых умерло во время выращивания в морских садках, убытки составили 49 млн долларов США [Технический доклад ФАО, 2010].

На российских ЛРЗ, занимающихся пастбищной аквакультурой кижуча, актуальной

является задача выращивания молоди до покатной стадии [Зорбиди, 2010]. В природе покатная стадия связывается со смолтификацией, наступающей в возрасте двух-, реже — трёх лет. В то же время имеются работы, свидетельствующие о возможности ускорения роста молоди кижуча при повышенных температурах с сокращением сроков получения смолтов надлежащей массы в возрасте до 6—7 месяцев вместо 1+ и 2+ [Дональдсон, Джойнер, 1983]. На Камчатке обнадеживающие результаты были получены при выращивании кижуча до соголетка в термальных водах [Басов, 1975].

Очевидно, что реализация такой стратегии искусственного воспроизводства кижуча невозможна без знания закономерностей онтогенеза, и, следовательно, управления скоростью развития и роста молоди кижуча на ЛРЗ. Имеется ряд работ по выявлению количественных связей между временем наступления той или иной стадии или этапа развития кижуча и температурными условиями и их длительностью [Жульков, 1984; Тарасюк, 2004; Тарасюк, Тарасюк, 2009; Городилов, 2009]. Вместе с тем работы по описанию скорости роста кижуча с использованием надёжных количественных характеристик, пригодных для цели моделирования скорости развития и роста, авторам не известны.

Проблеме поиска температурно-временных закономерностей развития пойкилотермных животных в разные годы было посвящено большое количество научных изысканий. В качестве единицы продолжительности развития Т.А. Детлаф была предложена длительность одного митотического цикла «тау-нулевое» (τ_0) в период синхронных делений дробления [Детлаф, Детлаф, 1960]. Частное от деления τ_n (время развития в астрономических единицах времени) на τ_0 не зависит от температуры, при разной температуре остаётся постоянной величиной и может служить биологической мерой времени развития. Ю.Н. Городиловым была предложена иная эталонная мера — «тау-сомит» [Городилов, 1980], представляющая собой время вычленения одного сегмента или одной пары сомитов. Разработчиками метода безразмерных характеристик данная мера времени развития была названа «биологическим возрастом» [Городилов, Свимонишвили, 1979].

Однако для описания скорости роста личинок и мальков рыб безразмерные показатели ранее не применялись. С этой целью нами был разработан и на примере горбуши подробно описан метод масштабных характеристик, также использующий «биологический возраст», где в качестве показателя биологического возраста нами использован масштабный коэффициент экспоненциального квадратичного уравнения, описывающего связь между длительностью развития и температурой [Тарасюк, Тарасюк, 1989, 2007].

Целью настоящей работы явилось количественное описание скорости развития и роста кижуча в период инкубации икры, выдерживания личинок и подращивания молоди, а также разработка математического инструмента для количественного моделирования скорости роста молоди кижуча для получения смолтов с заданными весовыми показателями в заданные сроки в зависимости от конкретных температурных условий с последующим их выпуском в море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положены материалы экспериментальных исследований по инкубации икры, выдерживанию личинок и подращиванию молоди кижуча, которые были проведены авторами в 1995—2003 гг. на сахалинских ЛРЗ «Буюкловский» и «Залом», а также данные рыбоводных наблюдений на камчатском ЛРЗ «Паратунский» за 2009 г., любезно предоставленные нам А.И. Мануховым. Диапазон температур, при которых происходило развитие эмбрионов кижуча на ЛРЗ, составлял 4,4—10,6 °С в начале инкубации и 1,2—6,3 °С на момент массового вылупления. При выдерживании личинок содержали в каналах питомника заводов, пластиковых ваннах и бассейнах. В качестве субстрата использовали гравий и пластиковые трубки диаметром 2,5 см, плотно уложенные на дно. Пределы колебаний средних значений температуры воды при выдерживании составляли 2,8—6,3 °С, при подращивании — 3,1—14,6 °С (табл. 1). Для кормления использовали гранулированный корм японского производства, рацион составлял 3,0% от массы тела.

Таблица 1. Температура воды, продолжительность выдерживания и подращивания личинок кижуча на ЛРЗ Сахалина и Камчатки (T — среднесуточная температура воды, °С; D — продолжительность наблюдений, календарные сутки)

ЛРЗ	Годы	Выдерживание			Подращивание		
		T		D	T		D
		средняя	диапазон		средняя	диапазон	
Залом	1995	5,64	5,2–6,0	70	5,23	5,1–5,7	91
	1996	6,06	5,8–6,3	50	5,61	4,3–6,0	73
	2002	5,66	5,4–6,3	52	6,40	5,0–7,9	248
Буюкловский	2002	3,54	2,8–3,9	67	7,13	3,1–10,0	66
Паратунский	2009	4,3	3,9–5,2	43	12,39	9,3–14,6	101

В ходе экспериментальных работ было проанализировано 2920 экз. (63 пробы) эмбрионов, личинок и мальков кижуча.

В качестве меры времени при инкубации икры, выдерживании свободных эмбрионов и личинок использовали биологический возраст [Городилов, 1980; Детлаф, Детлаф, 1960]. Количественная оценка биологического возраста кижуча производилась в соответствии с методом масштабных характеристик в сутках биологического возраста (сут. б.в.) [Тарасюк, Тарасюк, 1989, 2007].

Удельные приросты молоди кижуча при подращивании рассчитывали по формуле:

$$C_W = \frac{\ln W_j - \ln W_i}{a_j - a_i} \cdot 100\%,$$

где a_i и a_j — биологический возраст на i -е и j -е календарные сутки; W_i и W_j — средняя масса тела особей на i -е и j -е календарные сутки подращивания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Скорость развития в зависимости от температур при инкубации. На российских лососевых рыболовных заводах, использующих речное водоснабжение, закладка оплодотворённой икры на инкубацию производится в тех же температурных условиях, что и естественный нерест кижуча. В природе нерест отмечен при широком спектре температур — от 0,8 до 17,7 °С [Смирнов, 1975; Зорбиди, 2010]. Развитие икры в грунте протекает при температурах в пределах 4,0–6,6 °С, крайне редко при температуре ниже

4,0 °С [Зорбиди, 2010]. В опытах по инкубации кижуча при постоянных низких значениях температуры (0,8 °С) установлено, что зародыши кижуча с самого начала развития проявляют холодоустойчивость, сохраняющуюся вплоть до периода вылупления [Городилов, 2009]. Верхний предел для зародышевого периода развития кижуча определён и составляет 14,4 °С [Tang et al., 1987]. Наиболее благоприятный режим инкубации кижуча определён для диапазонов температур 8–9 °С [Басов, 1986] и 10–11 °С [Городилов, 2009]. На ЛРЗ Камчатки (за исключением ЛРЗ «Паратунский») средняя температура воды при инкубации сильно зависит от источника водоснабжения (ключевой или речной) и варьирует в пределах 2,8–5,9 °С [Попова и др., 2004].

На ЛРЗ Сахалина разница в сроках закладки первых и последних партий икры в некоторых случаях достигает месяца и более. В это время происходит быстрое осеннее выхолаживание грунтовой воды, используемой для инкубации, вследствие чего разница в температуре воды для производственных партий отдельных ЛРЗ может составлять несколько градусов. Температуры, при которых начинается развитие эмбрионов кижуча на ЛРЗ, варьируют в пределах от 4,4 до 11,5 °С, массовое вылупление протекает в диапазоне температур 0,9–6,3 °С. Средние температуры развития кижуча на ЛРЗ укладываются в довольно широкий диапазон — от 2,4 до 8,4 °С, но чаще инкубация протекает при средней температуре около 4–5 °С, а длительность инкубации при

этом составляет около 100–110 календарных суток [Тарасюк, 2004].

Продолжительность инкубации изменяется в зависимости от температуры. Анализ данных по скорости развития эмбрионов кижуча на сахалинских ЛРЗ позволил установить, что наиболее качественно она описывается квадратичным экспоненциальным уравнением:

$$d = 255,745 \cdot e^{(-0,219T+0,0055T^2)},$$

где e — основание натурального логарифма; T — средняя температура [Тарасюк, 2004]. График уравнения, приведённый на рис. 1, хорошо описывает совокупность эмпирических точек на всём протяжении температурного диапазона, в том числе и в крайних областях.

Использование биологического возраста позволяет с высокой точностью прогнозировать момент наступления массового вылупления личинок кижуча при любой температуре, в диапазоне толерантности вида.

Скорость роста личинок в зависимости от температуры при выдерживании. После выхода эмбрионов из оболочки наступает период покоя, который длится до достижения

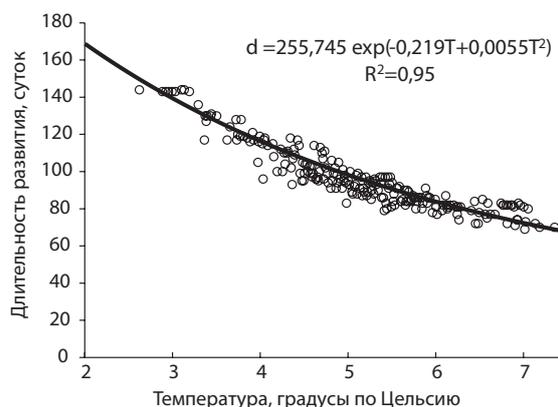


Рис. 1. Длительность инкубации зародышей кижуча на сахалинских ЛРЗ в зависимости от температуры и её аппроксимация квадратичным экспоненциальным уравнением.

способности к экзогенному питанию и поднятию личинок на плав.

Рост массы тела свободных эмбрионов при этом происходит за счёт запасов желточного мешка. Некоторые рыбоводно-биологические показатели кижуча на этапе выдерживания приведены в таблице 2. В зависимости от даты вылупления и температурных условий скорость роста в ходе выдерживания значительно различается (рис. 2 А).

Таблица 2. Некоторые рыбоводно-биологические показатели кижуча в ходе его выдерживания на ЛРЗ,

X — средняя величина; $\pm m$ — ошибка средней; \min — минимальное значение, экз.; \max — максимальное значение, экз.; A_i — биологический возраст, сут. б.в.; L — длина тела, мм; W — масса тела, мг; w — масса желточного мешка, мг; n — объём проб; T — средняя температура, °C

Завод Дата закладки	Дата	A_i	L		W		w		T		n
			X	$\pm m$	X	$\pm m$	X	$\pm m$	\min	\max	
Залом 30.10.1994	27.02.95	393,1	32,4	0,1	300,0	6,5	1,4	1,0	5,5	5,7	50
	01.02.96	346,1	31,5	0,2	302,0	8,3	35,0	0,6	6,0	7,4	50
Залом 20.10.1995	11.02.96	376,3	34,0	0,2	332,0	6,9	-	-	5,8	6,0	50
	21.02.96	405,8	34,1	0,2	341,0	6,7	3,0	9,2	5,7	5,9	50
	12.02.02	243,6	21,2	0,1	159,4	4,2	84,5	3,2	2,8	6,2	50
Буюкловский 22.10.2001	20.03.02	318,0	27,2	0,4	229,0	8,1	45,2	5,9	3,6	3,7	25
	20.04.02	377,8	31,2	0,2	273,4	7,4	11,2	8,1	2,9	3,7	50
	30.04.02	396,9	32,0	0,2	287,1	7,4	3,0	11,5	3,1	3,3	25
Залом 17.10.2002	05.01.02	275,7	23,4	0,1	177,3	1,2	83,9	0,9	6,3	7,4	50
	25.01.02	334,6	29,0	0,1	217,5	1,6	37,6	0,8	5,5	6,2	50
	04.02.02	362,9	31,1	0,1	247,6	2,1	21,4	3,8	5,5	5,5	50
	14.02.02	390,8	31,8	0,1	269,5	1,9	7,4	7,2	5,4	5,5	50

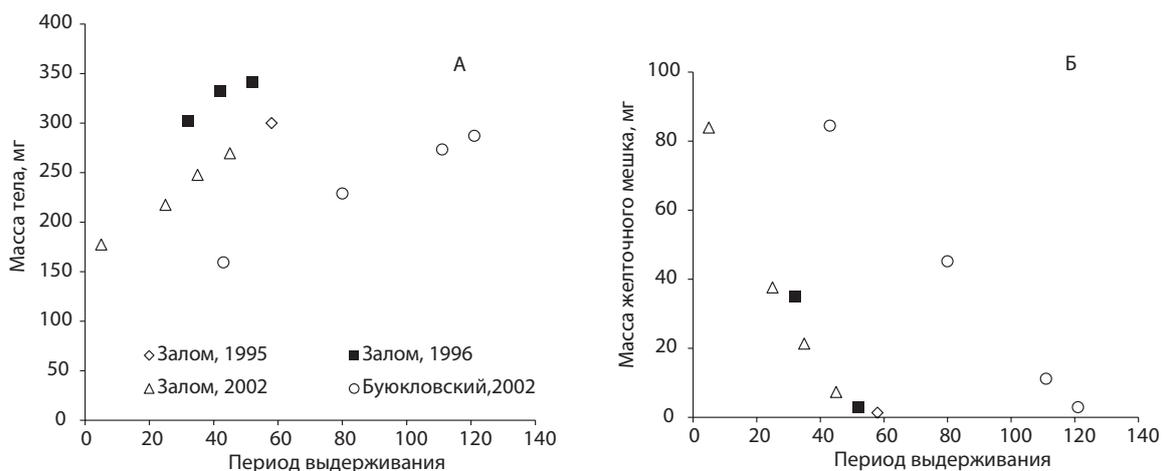


Рис. 2. Рост массы тела (А) и убыль массы желточного мешка (Б) свободных эмбрионов кижуча при их выдерживании на сахалинских ЛРЗ

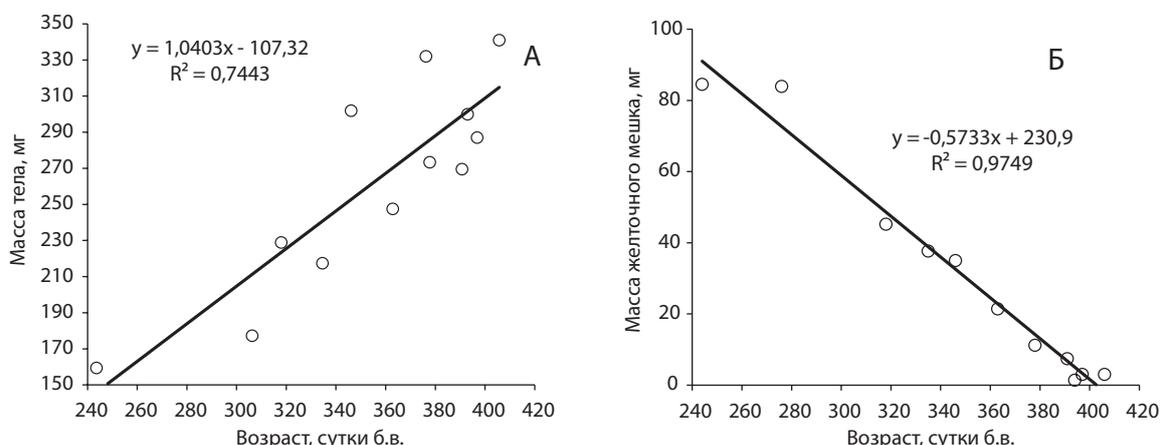


Рис. 3. Рост массы тела (А) и убыль массы желточного мешка (Б) свободных эмбрионов кижуча в зависимости от их биологического возраста при выдерживании на сахалинских ЛРЗ

Применение для кижуча биологического возраста в качестве количественной меры времени [Тарасюк, Тарасюк, 1989, 2007] позволяет на тех же данных получить достаточно закономерную картину роста массы тела и убыли желточного мешка с высокой долей объяснённой дисперсии — 74,4 и 97,5% (рис. 3 А, 3 Б).

Поднятие на плав и превращение свободных эмбрионов в личинку может происходить на протяжении нескольких месяцев, с января по май. При этом температура может варьировать также в широких пределах, по нашим наблюдениям, в диапазоне 2,9 до 6,0 °С. Запасы желточного мешка расходуются свободными эмбрионами кижуча по мере их развития в зависимости от возраста и температуры, хотя

характер убыли для отдельных рядов наблюдений закономерен и имеет экспоненциальный характер (рис. 2 Б). На Буюкловском ЛРЗ, где выдерживание происходило при значительно более низких температурах, масса желточного мешка изменялась со смещением на более поздние сроки, нежели на ЛРЗ «Залом».

Особенности роста личинок в условиях голодания. В соответствии с уравнениями регрессии, представленными на рисунке 3, у личинок в возрасте 402 сут. б.в. после достижения массы около 311 мг полностью утрачиваются запасы желточного мешка. С этого момента личинки кижуча должны перейти на экзогенное питание. Вместе с тем готовности к смешанному питанию личинки достигают

Таблица 3. Некоторые биологические показатели личинок кижуча в ходе их выдерживания на ЛРЗ «Залом» в 2002 г. в условиях отсутствия кормления. Обозначения как в табл. 2

Дата	A_i	L		W		w		n
		X	$\pm m$	X	$\pm m$	X	$\pm m$	
20.02.02	407,5	31,9	0,1	267,6	1,9	2,9	6,3	50
24.02.02	418,6	32,0	0,1	272,5	2,3	0,8	10,2	50
06.03.02	446,6	32,2	0,1	256,1	2,2	—	—	50
16.03.02	475,5	33,0	0,1	263,9	7,1	—	—	50
26.03.02	503,6	32,1	0,1	253,0	3,4	—	—	50
05.04.02	531,5	32,2	0,1	232,7	4,7	—	—	50
15.04.02	558,5	32,8	0,1	254,7	4,9	—	—	50
19.04.02	569,5	32,4	0,2	232,0	4,9	—	—	50

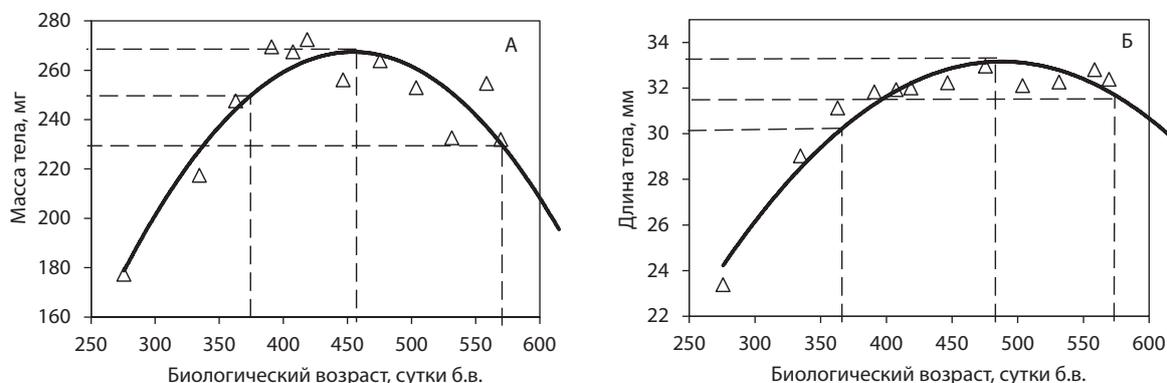
в более раннем возрасте, когда запасы желточного мешка ещё не полностью растрочены, но уже ощущается их дефицит.

Для определения возраста, при котором происходит переход с эндогенного на экзогенное питание, в единицах биологического возраста, была рассмотрена динамика биологических показателей свободных эмбрионов и личинок, выдерживаемых в садках без кормления (табл. 3).

Поскольку источником энергии в этом случае является исключительно энергетическая ценность желточного мешка, то по мере трат энергетических запасов на основной обмен, с некоторого момента развития в результате нехватки энергетических ресурсов рост личинок начинает тормозиться (рис. 4).

Масса тела свободных эмбрионов после вылупления составляла в среднем около 180 мг.

В процессе выдерживания она постепенно возрастала, достигнув значения 260 мг в возрасте 375 сут. б.в.. На данном периоде роста увеличение массы тела с увеличением возраста происходило почти прямолинейно. Для возраста 375 сут. б.в. относительная масса желточного мешка составляла около 3% от массы тела. В дальнейшем темп роста замедлился и к биологическому возрасту 460 сут. б.в. масса личинок достигла своего максимума — 270 мг. Желточный мешок резорбировался полностью к возрасту около 400 сут. б.в. После достижения возраста 460 сут. б.в. и до возраста 570 сут. б.в. происходило постепенное уменьшение массы тела. Известно, что при отсутствии экзогенного питания наблюдаются процессы, связанные с резорбцией тканей тела личинки, что, по-видимому, и вызывает снижение их массы тела [Новиков, 2000]. Масса тела

**Рис. 4.** Изменение общей массы (А) и длины (Б) тела свободных эмбрионов и личинок кижуча в процессе их выдерживания без кормления на ЛРЗ «Залом» в феврале—апреле 2002 г.

к возрасту 570 сут. б.в. снизилась до 230 мг, после чего было начато кормление личинок. Отход личинок, который за период экспериментального выдерживания не превышал 1%, в конце его возрос до 5%. Это послужило причиной прекращения дальнейшего эксперимента по выдерживанию личинок без кормления. Известно, что потеря массы молодью вследствие голодания до 25–30% летальна [Ивлев, 1977]. В нашем случае к возрасту 570 сут. б.в. потеря массы от максимального значения составляла около 15%. Критическое значение потери массы тела (70 мг), приводящее к гибели, в соответствии с прогнозом тренда могло проявиться в возрасте 600 сут. б.в.

Длина тела свободных эмбрионов возростала в среднем с 24,5 мм до максимального значения 30,0 мм в возрасте 375 сут. б.в. По мере дальнейшего увеличения возраста средняя длина тела личинок в пробах практически не увеличивалась, изменяясь в пределах от 31,5 до 33,0 мм.

Очевидно, что момент начала замедления роста, соответствующий биологическому возрасту 375 сут. б.в., является маркером достижения личиночного периода развития кижуча и определяет необходимость приучения личинок к искусственному кормлению. Биологический возраст, при котором происходит снижение массы (460 сут. б.в.), маркирует момент, наступление которого должно сопровождаться полноценным кормлением личинок, в противном случае может произойти массовая гибель личинок (к возрасту около 600 сут. б.в.).

Рост молоди кижуча до сеголетка при разных температурах. На ЛРЗ Камчатки в 1994–2002 гг. навеска выпускаемых сеголетков кижуча составляла 0,4–1,4 г. Только на Паратунском ЛРЗ, где подращивание проходило с подогревом воды, выпускались крупные сеголетки со средней массой тела 2,5–6,2 г. С сахалинских рыбоводных заводов в 1981–1996 гг. сеголетки кижуча выпускались в основном в июне–июле с массой тела 0,4–1,6 г (Адо-Тымовский ЛРЗ), 0,2–1,3 г (Буюкловский ЛРЗ), 0,3 г (Пугачёвский ЛРЗ) и 5,7–7,4 г (Охотский ЛРЗ) [Зорбиди, 2010]. В соответствии с опубликованными данными об итогах работы лососевых рыбо-

водных заводов на Дальнем Востоке за более поздний период [Итоги..., 2004, 2007 а, 2007 б], выпуск сеголетков производится в основном с середины июня по конец июля, масса тела выпускаемой молоди варьирует в пределах от 0,27 до 6,74 г (рис. 5). Максимальные навески молоди (5,4; 6,3; 6,7 г) соответствуют выпускаемой продукции с Паратунского ЛРЗ, эти точки выделяются отдельной группой на диаграмме. Продление периода подращивания позволило выпускать сеголетков и годовиков в августе–октябре со средней навеской около 2 г. Можно констатировать, что рекомендации по увеличению средней массы выпускаемых сеголетков кижуча путём их акселерации [Попова и др., 2004] пока реализуются только на Паратунском ЛРЗ, где имеются необходимые температурные условия. В то же время в 2000-е гг. на ЛРЗ стало практиковаться более продолжительное подращивание кижуча, до возраста двух- и даже трёхлеток.

Экспериментальное подращивание в течение 66 календарных суток на Буюкловском ЛРЗ позволило получить среднюю навеску сеголетков кижуча к середине июля равную 2,5 г. Температура воды возрастала в период с 10 мая до 10 июля с 3,1 до 10,0 °С, среднесуточная температура за период подращивания составила 7,8 °С (табл. 4).

В эксперименте на ЛРЗ «Залом» в 1995 и 1996 г. сеголетки были выпущены в конце мая с навеской 1,3 и 1,4 г. Температура на заводе была практически постоянной, варьируя в пределах 4,0–6,0 °С, и в среднем составила 5,2 и 5,6 °С за периоды подращивания 73 и 91 календарных суток соответственно (табл. 5).

В 2002 г. на ЛРЗ «Залом» нами проводилось экспериментальное подращивание кижуча до годовика. В результате за период с 20 февраля по 6 октября (за 248 суток) молодь кижуча достигла массы 5,2 г и длины 7,4 см (табл. 6). Температура за этот период в среднем составила 6,4 °С, изменяясь в пределах 5,0–7,9 °С, в феврале–июне она варьировала от 5,0 до 6,0 °С, а с конца июня увеличилась до стабильных значений более 7 °С, которые сохранялись вплоть до начала октября. К биологическому возрасту 670–700 сут. б.в. на ЛРЗ «Залом» масса тела сеголетков составляла 0,8–1,4 г, в то время как на ЛРЗ «Буюкловский» масса тела

Таблица 4. Некоторые биологические показатели сеголетков кижуча в ходе его подращивания на ЛРЗ «Буюкловский» в 2002 г. Обозначения как в табл. 2

Дата	A_i	L		W		T		n
		X	$\pm m$	X	$\pm m$	min	max	
10.05.02	418,5	32,6	0,3	308,6	10,0	3,1	5,7	50
20.05.02	452,4	35,1	0,3	438,8	12,8	5,6	7,3	50
10.06.02	534,8	41,7	0,5	921,0	35,5	6,7	9,2	50
20.06.02	581,8	46,8	0,4	1319,9	40,4	8,1	9,8	50
01.07.02	631,4	53,1	0,6	2014,8	72,8	8,4	9,5	50
10.07.02	677,8	57,8	0,7	2510,1	86,9	9,5	10,0	50

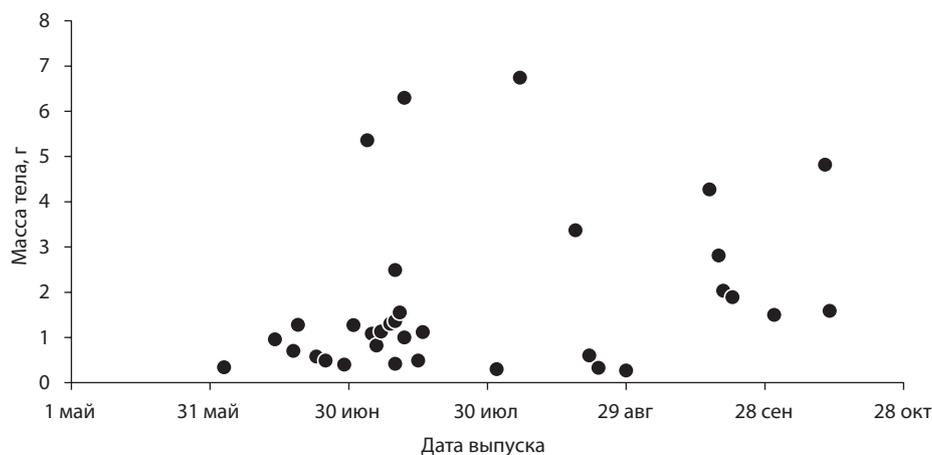


Рис. 5. Сроки выпуска и масса тела выпускаемых с российских лососевых рыбоводных заводов сеголетков кижуча в 2002–2006 гг.

Таблица 5. Некоторые биологические показатели сеголетков кижуча в ходе его подращивания на ЛРЗ «Залом» в 1995 г. и в 1996 г. Обозначения как в табл. 2

Дата	A_i	L		W		T		n
		X	$\pm m$	X	$\pm m$	min	max	
1995 г.								
19.03.95	448,2	32,9	0,1	311,0	3,4	5,2	5,5	50
09.04.95	504,6	34,2	0,1	493,0	9,5	5,1	5,3	50
19.04.95	531,0	38,8	0,2	716,0	9,7	5,0	5,1	50
09.05.95	583,5	41,0	0,3	888,0	11,3	4,3	5,7	50
31.05.95	645,5	50,1	0,7	1268,0	55,8	5,4	5,6	50
1996 г.								
01.03.96	429,2	35,0	0,2	360,0	4,2	5,7	5,8	50
10.03.96	456,1	35,0	0,2	380,0	5,6	5,8	5,9	50
22.03.96	492,2	35,5	0,2	482,0	7,7	5,9	5,9	50
30.03.96	516,3	36,1	0,2	404,0	8,8	5,9	5,9	50
12.04.96	555,2	40,4	0,2	554,5	11,2	5,8	6,0	50
20.04.96	579,0	42,4	0,3	743,2	18,2	5,8	5,9	50
30.04.96	605,6	41,0	0,3	820,0	27,5	4,0	5,8	50
10.05.96	630,9	44,1	0,4	953,0	34,0	4,0	5,1	50
20.05.96	659,0	44,6	0,5	954,0	40,5	5,1	5,6	50
30.05.96	687,5	47,0	0,6	1415,0	54,6	5,4	5,7	50

была на 1,1–1,7 г выше. Очевидно, что столь различный характер роста сеголетков может быть связан с температурой при подращивании. Так, если на ЛРЗ «Залом» в разные годы подращивание сеголетков до июня–июля осуществлялось при средних температурах 5,5–5,8 °С, то на Буюкловском ЛРЗ температура была значительно выше и составляла в среднем 7,8 °С. Причём во всех случаях рост обнаруживает экспоненциальный характер.

Использование биологического возраста в качестве шкалы времени показало, что скорость роста массы тела кижуча в различных вариантах подращивания поначалу (до возраста 500–550 сут. б.в.) была очень близка, но затем проявляются заметные отличия (рис. 6 А).

Для того чтобы убедиться, что наблюдаемые различия связаны с температурой воды,

дополнительно привлекли для анализа рыболовные данные по росту молоди кижуча при повышенных температурах до сеголетка с ЛРЗ «Паратунка» за 2009 г., для которых рассчитали биологический возраст. Оказалось, что темп роста молоди с данного завода за сравнимый период подращивания (до 670–700 сут. б.в.) превышает соответствующие показатели для ЛРЗ «Залом», но несколько уступает молоди с ЛРЗ «Буюкловский». Рост массы тела носит во всех случаях экспоненциальный характер, который преобразуется в линейный вид при логарифмировании значений массы тела (рис. 6 Б). Степень объяснённой дисперсии полученных уравнений линейной регрессии варьировала от 93,9 до 98,3% (табл. 7). Наклон линий графиков уравнений регрессии при этом соответствует значениям удельных

Таблица 6. Некоторые биологические показатели сеголетков и годовиков кижуча в ходе его подращивания на ЛРЗ «Залом» в 2002 г. Обозначения как в табл. 2

Дата	A _i	L		W		T		n
		X	±m	X	±m	min	max	
20.02.02	407,5	31,9	0,1	267,6	2,1	5,4	5,4	44
24.02.02	418,6	32,1	0,1	285,1	3,6	5,4	5,4	42
06.03.02	446,6	34,3	0,1	336,7	3,8	5,3	5,6	50
16.03.02	475,5	35,7	0,2	396,6	5,7	5,5	5,7	50
26.03.02	503,6	36,7	0,2	463,6	7,1	5,4	5,7	50
05.04.02	531,5	39,1	0,2	560,5	11,8	5,3	5,5	50
15.04.02	558,5	40,1	0,2	576,4	12,8	5,0	5,3	41
25.04.02	586,3	39,0	0,2	613,4	14,8	5,3	5,5	50
05.05.02	615,0	40,9	0,3	726,4	18,2	5,4	5,7	50
15.05.02	643,5	42,0	0,3	766,0	20,5	5,5	5,6	50
25.04.02	672,6	43,9	0,4	990,2	33,1	5,6	5,8	50
05.06.02	705,6	44,8	0,5	1048,7	37,1	5,8	5,9	50
14.06.02	732,7	44,9	0,5	987,6	43,3	5,9	5,9	50
25.06.02	767,1	47,5	0,7	1282,2	57,6	5,9	6,5	41
05.07.02	801,5	50,0	0,8	1583,0	80,3	6,5	7,0	38
16.07.02	840,5	47,4	1,1	1295,1	112,2	7,0	7,0	30
26.07.02	876,3	52,3	1,2	1686,3	129,4	7,0	7,1	30
06.08.02	916,0	52,7	1,1	1853,3	121,2	7,1	7,3	38
16.08.02	953,5	60,5	1,7	2860,9	215,6	7,3	7,5	21
16.09.02	1076,3	66,1	1,4	3863,8	238,9	7,5	7,9	29
26.09.02	1116,1	64,1	1,2	3392,4	179,1	7,5	7,9	35
06.10.02	1155,6	74,2	1,4	5219,9	244,9	7,8	7,8	31

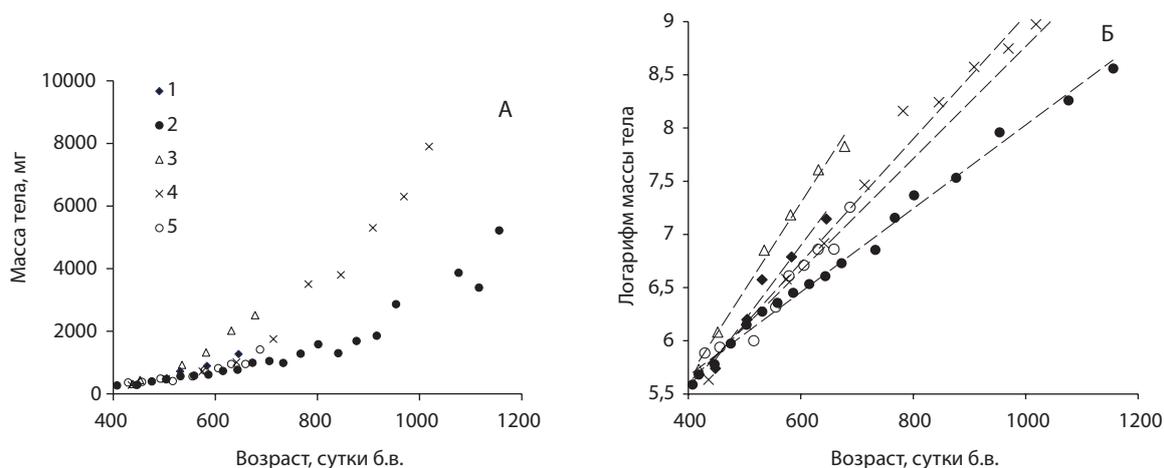


Рис. 6. Динамика роста массы тела молоди кижуча, выращиваемой до сеголетка на некоторых сахалинских и камчатских ЛРЗ в фактической (А) и логарифмической (Б) шкалах:

1 — «Залом», 1995 г.; 2 — «Залом», 2002 г.; 3 — «Буюкловский», 2002 г.; 4 — «Залом», 1996 г.; 5 — «Паратунский», 2009 г.

Таблица 7. Коэффициенты уравнения линейной регрессии $\ln W_i = ba_i + c$ между логарифмом массы тела и биологическим возрастом молоди кижуча, подращиваемой до сеголетка на некоторых ЛРЗ Сахалина и Камчатки

ЛРЗ, год подращивания	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i> ²	<i>T</i> , °С
Залом, 1995	0,0071	2,6638	0,9657	5,8
Залом, 2002	0,0037	4,2072	0,9828	5,5
Буюкловский, 2002	0,0082	2,3632	0,9915	7,8
Залом, 1996	0,0052	3,5502	0,9393	5,6
Паратунка, 2009	0,0058	3,2413	0,9814	13,2

суточных приростов логарифмов массы тела на 1 сутки биологического возраста. Различный темп роста не компенсируется биологическим возрастом, уже учитывающим изменение температуры, что, по-видимому, может быть обусловлено отклонениями от температурного оптимума молоди кижуча по мере её роста.

На графике (рис. 7) видно, что кривая, описывающая изменение удельных суточных приростов молоди кижуча в зависимости от температуры подращивания, имеет куполообразный характер с вершиной, соответствующей температуре около 9–11 °С. При меньших и, наоборот, больших температурах приросты уменьшаются.

Можно полагать, что температуры 9–11 °С соответствуют температурному оптимума для подращивания сеголетков кижуча, что соотносится с температурным оптимумом, определённым ранее для инкубации кижуча [Басов, 1986, Городилов, 2009].

Моделирование скорости роста молоди кижуча при подращивании в зависимости от температуры. Полученных закономерностей достаточно для того, чтобы в первом приближении смоделировать эффективность

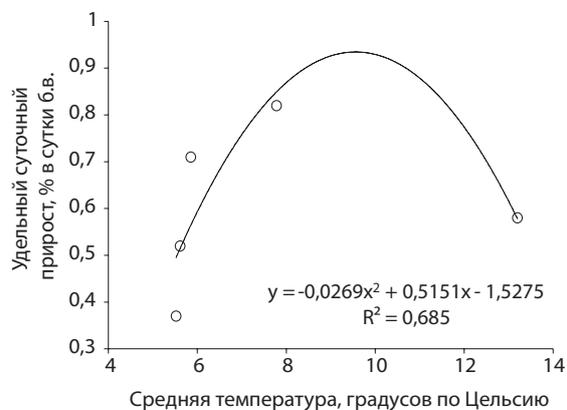


Рис. 7. Изменение удельных суточных приростов массы тела кижуча в зависимости от среднесуточной температуры при подращивании до сеголетка

подращивания кижуча до сеголетка на ЛРЗ и в результате выявить принципиальную возможность получения на этих ЛРЗ навесок молоди до 6–7 г без дополнительного подогрева воды.

Для моделирования использовали рыбоводные данные по среднесуточным значениям температуры воды на ЛРЗ «Охотский», «Буюкловский», «Адо-Тымовский» и ЛРЗ «Залом», где осуществляется искусственное воспроизводство кижуча на Сахалине, за весь рыбоводный цикл от начала закладки на инкубацию до выпуска молоди. За дату закладки на инкубацию приняли 20 октября, за дату выпуска сеголетков — 31 июля. Моделирование динамики массы тела личинок и сеголетков кижуча в зависимости от температуры с учётом соответствующих уравнений связи между мас-

сой тела и биологическим возрастом, а также между удельными суточными приростами и температурой, позволили рассчитать ожидаемую массу тела кижуча в зависимости от температурных условий, присущих тому или иному заводу (рис. 8).

Как показали расчёты, характерные для водоисточников заводов температуры позволяют вырастить сеголетков кижуча на заданную дату (31 июля) со средней массой 19,8 г на Охотском ЛРЗ, 8,6 г — на Буюкловском ЛРЗ, 5,2 г — на ЛРЗ «Залом» и 1,0 г на ЛРЗ «Адо-Тымовский». Опубликованные данные косвенно подтверждают результаты нашего моделирования. Так, вследствие низких температур на Адо-Тымовском ЛРЗ индивидуальный прирост массы тела в первый год подращивания составлял всего 1,2 г [Жульков, 1984]. По данным рыбоводной отчётности за 2002–2006 гг. [Итоги..., 2004, 2007 а, 2007 б], средняя масса тела кижуча на выпуске в июле составляла 0,8–1,0 г, а увеличение навески до 3–4 г на этом заводе происходило за счёт подращивания до середины августа–сентября.

На ЛРЗ «Буюкловский» на конец июня 2002–2006 гг. сеголетков выпускали со средней массой тела 1,1–2,5 г, а на ЛРЗ «Охотский» масса сеголетков, выпускаемых в августе–сентябре, составляла 5,7–7,4 г [Любаев, 2002, Зорбиди, 2010]. В соответствии с действующими нормативами [Приказ..., 2011] масса тела выпускаемых с Сахалинских ЛРЗ сеголетков должна быть не менее 1–3 г.

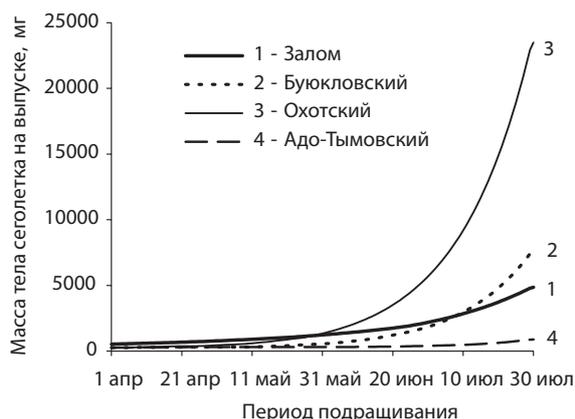


Рис. 8. Модель динамики роста массы тела молоди кижуча на некоторых ЛРЗ Сахалина

Таблица 8. Результаты моделирования роста массы тела молоди кижуча в зависимости от температуры воды при её искусственном воспроизводстве в условиях ЛРЗ Сахалина

ЛРЗ	Дата Возраст, сут. б.в	Кормление	Масса 1 г	Масса 3 г	Масса 5 г	Масса 10 г	Масса 15 г
Залом	Дата	21.02	18.05	12.07	31.07	—	—
	Возраст	399	640	815	883	—	—
Буюкловский	Дата	25.04	16.05	10.07	21.07	—	—
	Возраст	397	572	687	744	—	—
Охотский	Дата	06.04	31.05	23.06	03.07	17.07	26.07
	Возраст	404	613	731	783	855	901
Адо-Тымовский	Дата	27.04	31.07	—	—	—	—
	Возраст	404	661	—	—	—	—

Математическое моделирование позволяет также уточнить предполагаемые даты достижения заранее заданных значений массы тела сеголетков. Так, если до массы 1 г в температурных условиях ЛРЗ «Залом» и «Буюкловский» можно подрастить кижуча к 16–18 мая, то на ЛРЗ «Охотский» из-за низких зимних температур данная навеска будет получена только к концу мая, а на ЛРЗ «Адо-Тымовский» — не ранее конца июля. Вследствие более резкого хода повышения температур в июне на ЛРЗ «Охотский», уже к началу третьей декады месяца сеголетки могут набрать массу около 3 г, а к началу июля — 5 г. На ЛРЗ «Залом», где воспроизводится кета и никогда не воспроизводился кижуч (за исключением наших экспериментальных работ), температурный режим позволяет получать сеголетков кижуча с массой тела около 5 г к концу июля (табл. 8).

Результаты математического моделирования показали принципиальную возможность качественно оценивать эффективность искусственного воспроизводства кижуча на любом рыбноводном заводе по его среднеголетнему температурному режиму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе для количественного описания развития и роста молоди кижуча в раннем онтогенезе при его искусственном воспроизводстве был применён метод масштабных характеристик. Ранее метод был разработан и апробирован на молоди горбуши [Тарасюк, Тарасюк, 2004], а в дальнейшем — кеты [Тарасюк, Тарасюк, 2010]. Выяснилось, что общие закономерности роста для рассмотренных трёх видов тихоокеанских лососей оказались сходными. Так, для кижуча, как и для двух других видов лососей, длительность эмбрионального развития в ходе инкубации на лососевых рыбноводных заводах в зависимости от температуры наиболее точно описывается квадратичным экспоненциальным уравнением. При использовании биологического возраста в качестве шкалы времени масса тела эмбрионов кижуча в процессе их выдерживания до неполной резорбции (3–5% от массы тела) желточного мешка возрастает прямолинейно. При дальнейшем выдерживании личинок без

кормления по достижении молодью кижуча биологического возраста 375 сут. б.в. отсутствие экзогенного питания начинает негативно сказываться на темпе роста вплоть до полного прекращения роста. При потере 15–20% массы тела отсутствие кормления может стать для молоди летальным.

Вместе с тем, поскольку кижуч, в отличие от горбуши и кеты, относится к видам с длительным пресноводным периодом жизни, рост молоди этого вида в процессе подращивания имеет свои особенности. В частности, было выяснено, что скорость роста до сеголетка в значительной степени зависит не от возраста начала кормления, что было характерно для горбуши и кеты, а от того, в каком интервале температур оно протекает. По максимальным приростам нами сделано предположение о том, что зона оптимальных температур при подращивании кижуча до сеголетка приходится на интервал от 9 до 11 °С. Полученные в ходе расчётов уравнения регрессии позволяют, зная ежедневную среднесуточную температуру воды, смоделировать темп роста молоди кижуча и определить ожидаемую среднюю массу молоди на заданную дату выпуска. Полученные нами результаты могут быть использованы в качестве основы для разработки режимов терморегуляции, планирования и оптимизации биотехнических процессов на лососевых рыбноводных заводах, воспроизводящих кижуча.

ЛИТЕРАТУРА

- Басов Ю.С. 1975. Тихоокеанские лососи в геотермальных водах // Известия ТИНРО. Т. 97. С. 173–185.
- Басов Ю.С. 1986. Биологические основы лососеводства на геотермальных водах // Биология моря. № 2. С. 32–38.
- Городилов Ю.Н. 1980. Равномерный тип метаморфизации осевого отдела у зародышей костистых рыб при постоянной температуре // ДАН СССР. Т. 251. № 2. С. 469–473.
- Городилов Ю.Н. 2009. Ранний онтогенез тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*. Проблемы теории и практики. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 170 с.
- Городилов Ю.Н., Свимонишвили Т.Н. 1979. Диапазон устойчивости к температуре у зародышей атлантического лосося при инкубации в аппаратах с замкнутой циркуляцией воды // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 143. С. 103–121.

- Детлаф Т.А., Детлаф А.А. 1960. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // ДАН СССР. Т. 134. № 1. С. 199–202.
- Дональдсон Л.Р., Джойнер Т. 1983. Лососевые рыбы: стада, созданные природой // В мире науки. № 9. С. 24–33.
- Душкина Л.А. 1981. Возможные пути развития аквакультуры в Северном бассейне // Научно-практические основы аквакультуры и рыболовства в прибрежной зоне Баренцева и Белого морей. Рыбоводство. Мурманск: Изд-во ПИНРО. Т. 45. С. 3–13.
- Жульков А.И. 1984. Продолжительность инкубации икры кижуча в зависимости от температуры воды // Рыбное хозяйство. № 10. С. 21–22.
- Запорожец Г.В. 2006. Становление лососеводства на российском Дальнем Востоке // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 11–15.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2008. Лососи реки Паратунки (Восточная Камчатка): история изучения и современное состояние. Петропавловск-Камчатский: СЭТО-СТ Плюс. 132 с.
- Зорбиди Ж.Х. 2010. Кижуч азиатских стад. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 306 с.
- Ивлев В.С. 1977. Экспериментальная экология питания рыб. Киев: Наукова думка. 270 с.
- Итоги деятельности лососевых рыбоводных заводов на Дальнем Востоке. 2004 // Рыбное хозяйство. № 4. С. 39–43.
- Итоги деятельности лососевых рыбоводных заводов на Дальнем Востоке. 2007 а // Рыбное хозяйство. № 2. С. 55–58.
- Итоги деятельности лососевых рыбоводных заводов на Дальнем Востоке. 2007 б // Рыбное хозяйство. № 4. С. 48–50.
- Крутакова А.Д. 1982. Дальневосточный кижуч — объект товарного выращивания в Заполярье // Рыбное хозяйство. № 11. С. 41–43.
- Лихатович Д. 2004. Лосось без рек. История кризиса тихоокеанских лососей (перевод А.Р. Моисеева). Владивосток: Дальний Восток. 376 с.
- Любаев В.Я. 2002. Экологические и биотехнические аспекты создания стад кижуча на рыбоводных заводах. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИИПРХ. 22 с.
- Новиков Г.Г. 2000. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М.: Изд-во МГУ. 295 с.
- Попова Т.А., Чебанов Н.А., Зикунва О.В., Зорбиди Ж.Х. 2004. Сравнительный анализ биотехники и результатов выращивания кижуча на камчатских рыбоводных заводах // Исслед. водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 7. С. 251–260.
- Приказ Росрыболовства от 08.09.2011 № 912 «Об утверждении временных биотехнических показателей по разведению молоди (личинок), выращенной в учреждениях и на предприятиях, подведомственных Федеральному агентству по рыболовству, занимающихся искусственным воспроизводством водных биологических ресурсов в водных объектах рыбохозяйственного значения». <http://fish.gov.ru/lawbase/Pages/default.aspx>
- Романычева О.Д., Сальников Н.Е. 1979. Морское садковое рыбоводство и перспективы его развития в морях СССР // Труды ВНИРО. Т. 87. С. 7–154.
- Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ. 334 с.
- Смирнов Б.П., Леман В.Н., Шульгина Е.В. 2006. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в России: современное состояние, проблемы и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 16–26.
- Тарасюк Е.В. 2004. Сравнительная оценка результатов использования различных уравнений, описывающих длительность развития эмбрионов кижуча в зависимости от температуры // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. Труды СахНИРО. Т. 6. С. 39–54.
- Тарасюк С.Н., Тарасюк Е.В. 1989. Применимость метода безразмерных характеристик и уравнения Таути для прогнозирования длительности стадий эмбриогенеза рыб // Ранний онтогенез объектов марикультуры. М.: Изд-во ВНИРО. С. 102–113.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. 2007. Метод масштабных характеристик и его применение для совершенствования биотехники искусственного разведения горбуши. М.: Изд-во ВНИРО. 149 с.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. 2009. Новый метод количественной оценки биологического возраста объектов аквакультуры // Инновационные технологии аквакультуры. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного научного центра РАН. С. 114–115.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. 2010. Влияние возраста начала кормления на темп роста молоди кеты при ее подращивании на рыбоводном заводе // Труды ВНИРО. Т. 148. С. 180–193.
- Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству «Садковая аквакультура. Региональные обзор

- ры и всемирное обозрение». 2010 // ФАО. Рим. № 498. 260 с.
- Bilton H.T., Alderdice D.F., Schnute J.T. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on returns maturity // Can. J. Fish. Aquat. Sci. № 39. P. 426–447.
- FAO Statistics and Information Service of the Fisheries and Aquaculture Department. 2013. Aquaculture production, 1950–2011. FISHSTAT Plus — Universal software for fishery statistical time series [online or CD-ROM]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/ru>
- NPAFC Statistical Yearbook. 2010. http://npafc.org/new/pub_statistics.html
- Tang J., Bryant M.D., Brannon E.L. 1987. Effect of temperature extremes on the mortality and development rates of coho salmon embryos and alevins // Progres. Fish-Cultur. V. 49. P. 167–174.

Поступила в редакцию 04.07.15 г.
Принята после рецензии 12.10.15 г.

Assessment of juvenile coho salmon growth rates within different temperature conditions

E.V. Tarasyuk, S.N. Tarasyuk

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO», Moscow)

The observations and experimental studies were made on salmon hatcheries of the Sakhalin Island. The method of large-scale characteristics designed for quantitative descriptions of the development and growth of juvenile salmon in early ontogenesis in their artificial reproduction was applied. Regression identified based on biological indicators of embryos, free embryos, larvae and fry coho salmon based on biological age. The use of biological age allows to forecast with high accuracy the coming coho salmon hatching by any temperature in range of species tolerance. Growth of mass of body and decrease of yolk bag with high probability describes by straight line equations. The biological age which start decreasing of mass of body labels moment beginning of full value larvae feed. Temperature from 9 to 11 degrees admittedly correspondent to temperature optimum for growing of coho salmon underyearling. The quantitative equations make it possible to simulate growth speed of coho salmon fry at different temperature conditions. The results can be used for optimizing the reproduction biotechnology of coho salmon hatcheries in favor of pasture aquaculture.

Key words: pasture aquaculture, juvenile salmon coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, growth, temperature, scale-characteristic method, temperature regulation, biological age.