

УДК: 639.371:639.3

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА НАЧАЛА КОРМЛЕНИЯ НА ТЕМП РОСТА МОЛОДИ КЕТЫ ПРИ ЕЕ ПОДРАЩИВАНИИ НА РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ

Е.В. Тарасюк, С.Н. Тарасюк

ВНИРО, Москва, eltarasyuk@yandex.ru

INFLUENCE OF FIRST FEEDING AGE ON GROWTH RATE OF JUVENILE CHUM SALMON IN HATCHERIES

E.V. Tarasyuk, S.N. Tarasyuk

VNIRO, Moscow, eltarasyuk@yandex.ru

Искусственное разведение кеты *Oncorhynchus keta* осуществляется на 40 из 46 лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ), расположенных на Дальнем Востоке. Выпуск молоди этого вида составляет более 50 % общего выпуска тихоокеанских лососей всеми заводами и превышает 350 млн шт. [Итоги..., 2007]. Большая часть выпуска молоди кеты (81 %) приходится на рыболовные заводы, расположенные на территории Сахалинской области, при этом, более 57 % выращенной молоди выпускается у восточного побережья о-ва Сахалин.

Актуальнейшей проблемой искусственного воспроизводства кеты является повышение промысловых возвратов. Мировой опыт, в частности, результаты воспроизводства лососей в Японии показывают, что возврат кеты может достигать 4 % и более. Столь значительный коэффициент возврата обусловлен применением биотехники, которая предусматривает подращивание и своевременный, с точки зрения природных условий, выпуск молоди [Канидьеv, Леванидов, 1968; Смирнов, 1963; Кобаяси, 1988; Кляшторин, Смирнов, 1992; Shigachata, 1985; Higo, 1998].

На рыболовных заводах Юго-Восточного Сахалина в 1995–2000 гг. коэффициенты возврата кеты изменялись в пределах от 0,05 до 4,1 % [Смирнов и др., 2006]. Наблюдающиеся в некоторых случаях высокие значения коэффициентов дали основание заключить, что в результате проведенной на Сахалине реконструкции заводов величина возврата рыб по отношению к объемам выпускаемой молоди достигла на некоторых рыболовных заводах мирового уровня [Каев, Игнатъев, 2007].

Вместе с тем, отдельные положительные примеры и относительно высокие возвраты заводских рыб [Каев, Игнатъев, 2007], к сожалению, не являются

стабильными. Следует иметь в виду, что часть рыбководных предприятий имеют низкие коэффициенты возврата и, видимо, экономически не рентабельны. В определенной степени это обусловлено различиями температурных характеристик источников водоснабжения лососевых заводов, что определяет различную скорость развития и роста эмбрионов, личинок и молоди кеты.

Известно, что увеличение размеров выпущенной молоди кеты положительно влияет на ее выживаемость [Parker, 1962; Ricker, 1966; Леванидов, 1964, 1965; Канидьев, Леванидов, 1968; Канидьев, 1967, 1984; Senn, Hager, 1976; Леман, Чебанова, 2002]. Чем крупнее выпускаемая молодь, тем короче время ее пребывания в мелководном прибрежье, тем скорее переходит она к морской миграции и тем ниже ее смертность [Каегуама 1989, 1996]. По мере роста молоди совершенствуется осмотическая регуляция и плавательная способность молоди, что также способствует увеличению ее выживаемости в море [Запорожец, Запорожец, 2006]. По этой причине выпуск крупной, подрощенной молоди является существенным вкладом в увеличение возврата заводской рыбы.

Хотя биотехника подращивания молоди кеты достаточно подробно разработана и внедрена на ЛРЗ, в том числе и путем утверждения соответствующих нормативов [Смирнов, 1975, 1963; Канидьев, 1984; Приказ..., 1999], вопрос оптимизации времени начала кормления и его продолжительности ранее не рассматривался. Между тем, от времени начала кормления и длительности зависит не только конечная масса подращиваемой молоди кеты, но и, в значительной степени, экономические показатели работы ЛРЗ.

Целью настоящей работы является изучение влияния возраста молоди кеты на дату начала кормления и темп ее роста при подращивании.

Материал и методика

В основу работы положены материалы экспериментальных работ по выдерживанию и подращиванию молоди кеты, которые были проведены в 1987–1997 гг. на ЛРЗ Охотском, Соколовском, Березняковском и «Залом», расположенным в юго-восточной части о-ва Сахалин. Выдерживание свободных эмбрионов и личинок проводилось на гравийном и сотовом субстрате (ЛРЗ «Залом») в проточных бетонных бассейнах. Температура воды при этом изменялась от 1,3 до 6,4 °С.

Часть личинок с целью изучения скорости расходования запасов желточного мешка выдерживали без искусственной подачи корма в садках площадью 1 м² с уровнем воды 0,2 м.

Подращивание молоди кеты осуществлялось в садках и проточных бассейнах при переменной температуре, что обеспечивалось ее естественной сезонной динамикой в прудах и в цехах ЛРЗ, где ее среднесуточные значения изменялись в диапазоне от 3,0 до 8,7 °С. Садки имели площадь 1 м², уровень воды составлял 0,15–0,20 м. При подращивании в условиях цехов (ЛРЗ «Залом») использовали проточные бассейны площадью 38 м² с уровнем воды в них 0,20 м. Плотность посадки молоди кеты в экспериментальных вариантах составляла от 40 до 50 тыс. шт/м³, что соответствовало нормативным требованиям при производственном подращивании кеты [Приказ ..., 1999]. В качестве кормов использовали гранулированный корм японского производства, в зависимости от температуры были использованы относительные суточные рационы от 2,2 до 3,0 % от массы тела, корм подавался 8–12 раза в светлое время суток.

Экспериментальные варианты различались возрастом, с которого начинали искусственное кормление. Диапазон возрастов составлял от 351,2 до 650,4 сут б.в. [Тарасюк, Тарасюк, 2007].

Пробы на биологический анализ отбирали один раз в пятидневку, в ходе анализа измеряли длину тела, массу тела, массу желточного мешка, массу пищевого комка. Всего отобрано на биологический анализ 159 проб, включающие в себя 8220 шт. молоди кеты. Даты проведения экспериментальных работ, объем собранного материала по каждому из экспериментальных вариантов представлены в табл. 1.

В качестве меры времени использован биологический возраст, обоснование применения которого выполнено ранее для горбуши [Тарасюк, Тарасюк, 1989, 2007]. Данный показатель учитывает различие в температурных условиях, наблюдающихся при подращивании молоди кеты в разных экспериментальных вариантах, что позволяет проводить сравнение биологических показателей между ними на один и тот же биологический возраст. Количественная оценка биологического возраста кеты, основанная на использовании коэффициентов квадратичного экспоненциального уравнения, производилась в соответствии с методом масштабных характеристик [Тарасюк, Тарасюк, 2007].

В качестве информационной основы для расчета коэффициентов квадратичного экспоненциального уравнения использовали рыбоводные данные по продолжительности развития эмбрионов от оплодотворения до вылупления при различной температуре в 464 производственных партиях кеты, инкубировавшихся на ЛРЗ Юго-Восточного Сахалина в 1976–1998 гг.

Удельные приросты молоди рассчитывали по формулам:

при выдерживании $C_{WA} = \frac{W_{Aj} - W_{Ai}}{A_j - A_i}$, где A_i и A_j , W_{Ai} и W_{Aj} – биологический

возраст и, соответственно, средняя масса свободных эмбрионов на i -е сутки и j -е сутки развития;

при подращивании $C_W = \frac{\ln W_j - \ln W_i}{D_j - D_i} \cdot 100\%$, где D_i и D_j – длительность разви-

тия на i -е и j -е календарные сутки развития; W_i и W_j – средняя масса тела особей на i -е и j -е календарные сутки развития.

Результаты и обсуждение

Инкубация икры и оценка биологического возраста. Скорость развития эмбрионов и личинок лососей зависит от температурного режима. В отечественном лососеводстве для расчета длительности инкубации используют интегральную температуру или так называемую сумму градусодней, получаемую путем суммирования среднесуточных температур. Расчет по градусодням может быть довольно точен, только в случае, если температуры в период развития варьируют слабо. Вместе с тем, на сахалинских заводах, где температуры различаются весьма значительно, количество градусодней до вылупления кеты колеблется в пределах от 223 до 610 [Смирнов, 1975].

Несмотря на то, что показатель возраста в градусоднях уже многие годы подвергается критике, он продолжает широко использоваться. Причина этого заключается в простоте вычисления, хотя точность расчетов с применением данного показателя очень невысока. В результате поиска количественного показателя развития, не зависящего от температуры, в 50-е гг. в России был разработан метод безразмерных характеристик [Детлаф, Детлаф, 1960; Городилов, 1980; Детлаф, 2001]. Суть метода заключается в использовании какой-либо «эталонной» длительности определенной стадии развития, в качестве меры для описания продолжительности других стадий. При этом, в качестве элементарной единицы продолжительности развития используется безразмерные харак-

Таблица 1

Объем биологического материала, собранного в ходе выдерживания
и экспериментального подращивания молоди кеты в 1987–1998 гг.

№ п/п	ЛРЗ	Дата оплодотворения	Дата выпуска	ВЫДЕРЖИВАНИЕ			ПОДРАЩИВАНИЕ		
				Дата начала наблюдений	Количество проб, шт.	Общий объем проб, экз.	Дата начала кормления	Количество проб, шт.	Общий объем проб, экз.
1	Охотский	17.09.87	27.05.88	12.12.87	10	500	15.03.88	10	500
2	Охотский	17.09.87	27.05.88	12.12.87	15	750	-	0	0
3	Охотский	27.09.87	27.05.88	11.01.88	6	300	16.03.88	10	500
4	Соколовский	03.10.88	31.05.89	02.01.89	8	400	21.04.89	4	200
5	Соколовский	12.10.88	31.05.89	13.02.89	7	350	21.04.89	4	200
6	Березняковский	03.10.88	31.05.89	23.01.89	9	450	20.05.89	2	100
7	Березняковский	03.10.88	31.05.89	23.01.89	11	550	-	0	0
8	Березняковский	06.10.88	31.05.89	17.04.89	3	150	20.05.89	2	100
9	Залом	13.10.94	30.05.95	-	0	0	24.03.95	8	400
10	Залом	13.10.96	18.05.97	28.01.97	5	250	14.03.97	7	350
11	Залом	06.10.96	14.05.97	28.01.97	4	200	07.03.97	8	400
12	Залом	10.10.97	12.05.98	12.01.98	6	300	10.03.98	7	350
13	Залом	03.10.97	12.05.98	12.01.98	5	250	24.02.98	8	670
Итого:				1987–1998 гг.	89	4450	1988–1998 гг.	70	3770

теристики, либо длительность одного митотического цикла (τ_0) в период синхронных дроблений [Детлаф, Детлаф, 1960], либо продолжительность формирования одной пары сомитов (τ_s) [Городилов, 1980]. Эти величины были предложены авторами в качестве меры биологического возраста.

С целью создания достаточно надежного, но в то же время более простого в использовании способа количественного описания возраста эмбрионов эталонной величиной, не зависящей от температуры, нами был предложен и апробирован на горбуше метод масштабных характеристик [Тарасюк, Тарасюк, 2007]. Согласно данному методу, величина биологического возраста представляет собой масштабный коэффициент квадратичного экспоненциального уравнения (a_i), описывающего зависимость длительности инкубации от температуры. Величина a_i не зависит от температуры, в отличие от безразмерных характеристик имеет размерность (сутки, часы, минуты биологического возраста), и представляет собой условную длительность развития до определенного момента, протекающие при условной температуре 0 °С. Метод масштабных характеристик может быть применен на базе рыбоводных данных.

Анализ рыбоводных данных по инкубации производственных партий кеты показал, что развитие эмбрионов кеты на ЛРЗ юга Сахалина протекает в до-

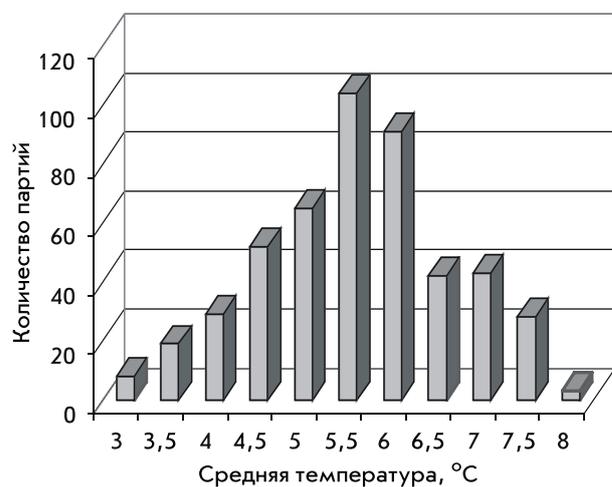


Рис. 1. Средняя температура воды на ЛРЗ Юго-Восточного Сахалина при инкубации икры кеты

вольно широком диапазоне температур, которые в среднем за период инкубации варьировали от 3 до 8 °С. Как правило, инкубация протекает при средней температуре около 5,5 °С (рис. 1).

На дату массового вылупления температура на холодноводных ЛРЗ (Лесной) составляла в среднем около 0,2 °С, а на тепловодных (Залом) – около 6,5 °С. Длительность инкубации изменялась в пределах от 70 до 150 сут, в среднем составляя около 90 сут. Её изменение в зависимости от температуры хорошо описывается экспоненциальным уравнением Таути [Higurashi, Tauti, 1925; Леман, Чебанова, 2002]. Однако учитывая, что коэффициент

термолабильности в экспоненциальном уравнении Таути не является константой и изменяется в зависимости от температуры [Городилов, 1992; Тарасюк, 2004; Тарасюк, Тарасюк, 2007], мы использовали квадратичное экспоненциальное уравнение (рис. 2).

Доля объясненной дисперсии рассчитанного уравнения регрессии составила 90,9 %, а само уравнение имело следующий вид:

$d_i = 252,4285 \times e^{(-0,22648 \cdot T + 0,006764 \cdot T^2)}$, где d_i – длительность развития эмбрионов до массового вылупления (сутки), T – средняя температура (°С).

Для количественного описания процессов роста молоди кеты более удобной единицей измерения биологического возраста являются «сутки биологического возраста» (далее – сутки б.в.). При этом, масштабный коэффициент (a_i) на i -е сутки развития рассчитывается по уравнению:

$$a_i = d_i \times e^{(-0,22648 \cdot T + 0,006764 \cdot T^2)}$$

На практике, когда температура воды не является постоянной и колебания ее значительны, при расчете величины a_i следует уменьшить период усредне-

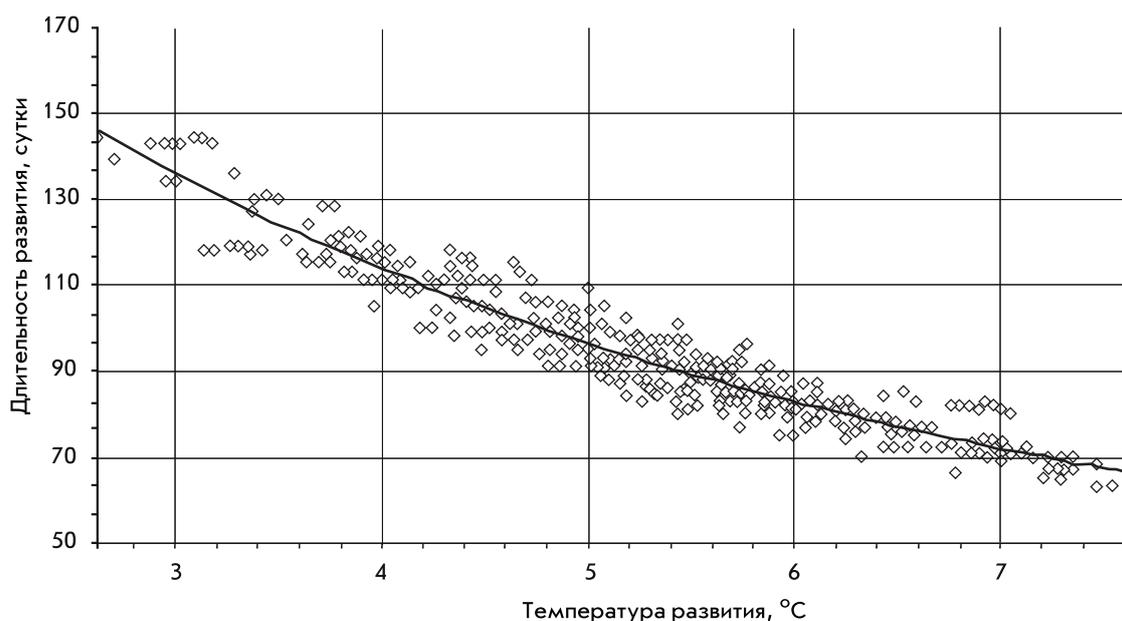


Рис. 2. График квадратичного экспоненциального уравнения, использованного для описания зависимости между длительностью эмбрионального развития кеты и температурой

ния температур до одних суток, рассчитывая величину биологического возраста a_i на каждые сутки развития. Для этого воспользуемся величиной приращения биологического возраста за одни календарные сутки. Например, биологический возраст кеты на i -тые сутки развития равен a_i , а на следующие календарные сутки, соответственно, a_{i+1} . Тогда, поскольку интервал наблюдений ($d_i - d_{i+1}$) равен одним суткам:

$$a_i - a_{i+1} = (d_i - d_{i+1}) \times e^{(-0,22648 \cdot T + 0,006764 \cdot T^2)} = e^{(-0,22648 \cdot T + 0,006764 \cdot T^2)}.$$

Уравнением становится удобно пользоваться при исчислении биологического возраста, начиная от нулевого значения, соответствующего дате оплодотворения кеты. На каждые последующие сутки необходимо к аккумулярованному значению биологического возраста добавить соответствующее его приращение за прошедшие сутки, расчет которого проводится с использованием среднего значения температуры за двое смежных суток. Схема расчетов биологического возраста кеты на каждые сутки наблюдений с использованием среднесуточной температуры показана в табл. 2. В первой колонке приводятся даты наблюдений, начиная с момента оплодотворения. Во второй проставляются среднесуточные температуры, рассчитанные как средняя арифметическая величина двух соседних значений. Например, через одни календарные сутки после оплодотворения, на дату 18 сентября, берется средняя температура на даты 17 и 18 сентября, т.е. $T = (6,2 + 6,2) / 2$.

Для последующих суток наблюдений, на дату 19 сентября, используется значения температуры $T = (6,2 + 8,0) / 2$, и так далее. В третьей колонке подсчитывается среднесуточное приращение биологического возраста на каждый день наблюдений. В последней, четвертой колонке, суммируются приращения биологического возраста, и на каждую дату развития определяется его нарастающее значение. Так, на дату 19 сентября биологический возраст исходя из суммы 3,14 и 3,55 составил 6,69 сут б.в.

Таким образом, на каждые сутки наблюдений, определен биологический возраст кеты. Биологическим возрастом, при котором происходит массовое вылупление эмбрионов кеты, является величина 252,4 сут б.в. Учитывая, что скорость развития пойкилотермных животных видоспецифична [Медников,

Пример подсчета биологического возраста эмбрионов кеты на каждый день наблюдений на примере партии икры, заложенной на инкубацию 17.09.87 (Охотский ЛРЗ)

Дата наблюдений	Среднесуточная температура	Суточное приращение биологического возраста, сут	Биологический возраст, сут б.в.
17.09.87	6,2	0,00	0,00
18.09.87	6,2	3,14	3,14
19.09.87	8,0	3,55	6,69
...
26.05.89	10,1	4,78	721,91
27.05.89	10,0	4,92	726,83

1977], полагаем, что характер ее связи с температурой не меняется и на последующих периодах (личиночном, мальковом) раннего онтогенеза кеты.

Выдерживание свободных эмбрионов и личинок. После выхода эмбрионов из-под оболочки наступает последний этап эмбрионального периода развития, который длится до достижения молодью способности к смешанному (эндогенному и экзогенному) питанию. Для определения возраста, при котором происходит переход с эмбрионального на личиночный период развития, мы рассмотрели динамику биологических показателей свободных эмбрионов и личинок, выдерживаемых в садках без кормления, по мере их роста. Поскольку источником энергии в этом случае является исключительно энергетическая емкость желточного мешка, то по мере накопления трат энергетических запасов на рост и дыхание с некоторого момента развития рост личинок начнет замедляться. Можно полагать, что момент начало такого снижения темпов роста будет являться индикатором наступления личиночного периода. Линейный рост свободных эмбрионов и некормленных личинок кеты и его аппроксимация полиномиальным трендом показаны на рис. 3.

Длина тела свободных эмбрионов возрастала с 21,5–23,4 мм до максимального значения 36,8 мм в возрасте 560 сут б.в. По мере дальнейшего увеличения возраста, вплоть до 622 сут б.в., средняя длина тела личинок в пробах больше не увеличивалась, колеблясь в интервале от 36,2 до 36,8 мм. Масса тела свободных эмбрионов после вылупления составляла от 200 до 248 мг. В процессе выдерживания она постепенно возрастала, достигнув максимального значения 428 мг в возрасте 389,5 сут б.в., и в дальнейшем уже не превышала 362 мг. При этом, начиная с возраста 505 сут б.в. средняя масса тела личинок постепенно снижалась, изменяясь от 372 до 353 мг. Желточный мешок уменьшался от максимального значения 180 мг до полной резорбции, которая наблюдалась начиная с возраста 590 сут б.в.

Аппроксимация экспериментальных данных полиномиальными трендами выявила закономерный характер изменения биологических показателей по мере выдерживания молоди кеты. Особенно показательной в этом отношении оказалась динамика математического ожидания средней массы тела (см. рис. 3,Б). Ее анализ позволил условно разделить биотехнический этап выдерживания на три качественно различающиеся друг от друга по динамике биологических показателей фазы, которые можно условно назвать фазами «равномерного роста», «замедления роста» и «прекращения роста» (табл. 3).

«Фаза равномерного роста» ограничивается возрастными от 250 до 450 сут б.в. Характеризуется прямолинейным характером увеличения массы и длины тела по мере увеличения возраста. Удельные приросты свободных эмбрионов максимальны и могут составлять 0,67 мг/сут б.в. Скорость расхо-

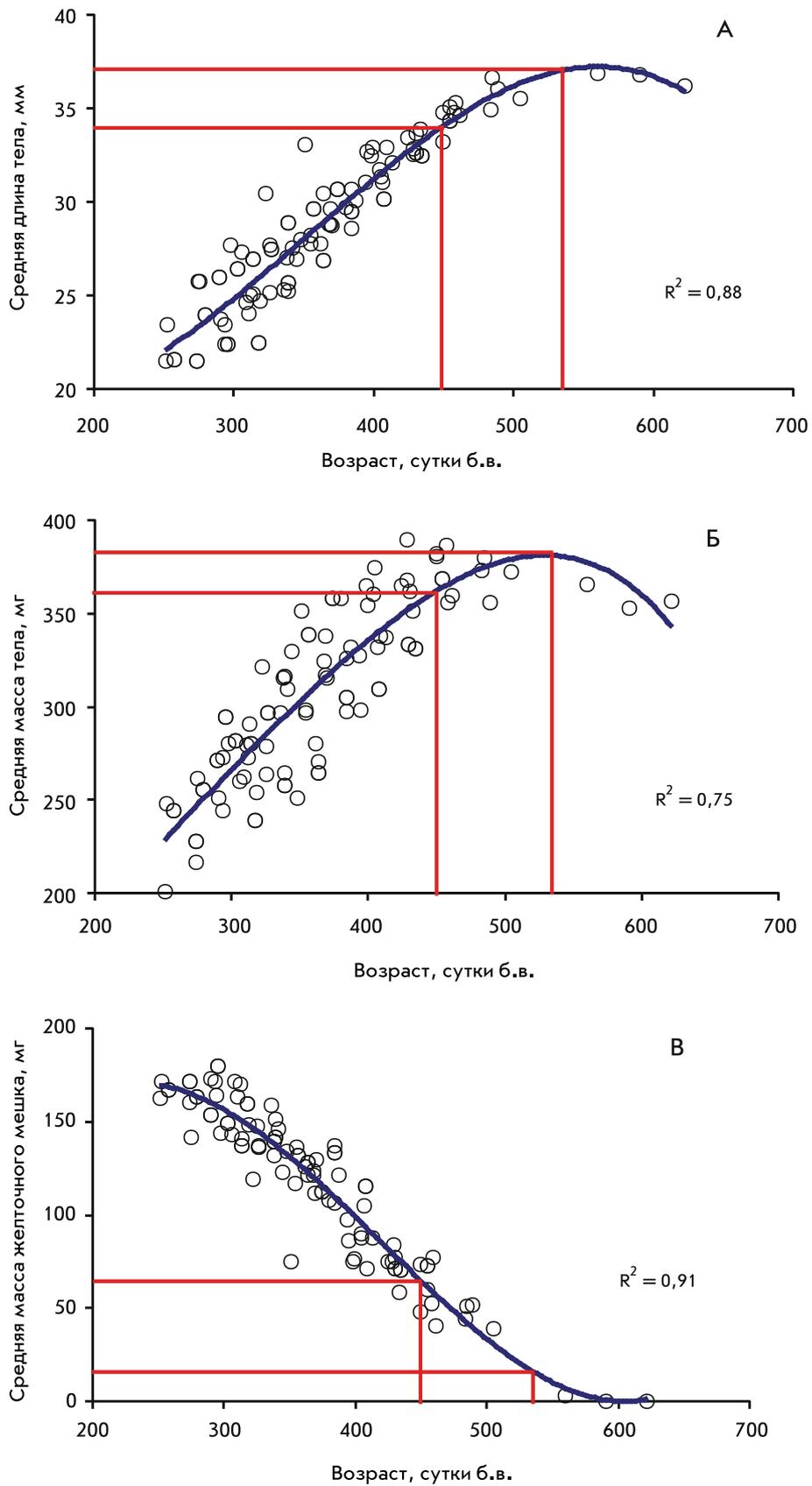


Рис. 3. Динамика средней длины (А), массы (Б) тела и массы желточного мешка (В) свободных эмбрионов и личинок кеты в процессе их выдерживания без кормления

Математические ожидания биологических показателей, характеризующие три фазы, возможные при выдерживания молоди кеты без кормления (рассчитано по уравнениям полиномиальных трендов)

Биологические показатели	Фазы роста, возможные при выдерживании		
	«равномерного роста»	«замедления роста»	«прекращения роста»
Возраст, сут б.в.	250–450	450–530	530–620
Масса тела, мг	228–362	362–381	381–345
Длина тела, мм	22,0–34,1	34,1–37,0	37,0–36,0
Масса желточного мешка, мг	170–64	64–18	18–0
Удельный прирост, мг/сут б.в.	0,67	0,24	–0,40

дования массы желточного мешка постепенно увеличивается вплоть до возраста 350 сут б.в., после чего стабилизируется. В среднем за одни сут б.в. расходуется 0,66 мг желточного мешка. При завершении фазы относительная масса желточного мешка может составлять 17,8 % от массы тела или 38 % от первоначальной массы после вылупления.

Во второй фазе («замедления роста»), которая длится до возраста 530 сут б.в. происходит снижение темпа роста. Удельные приросты массы тела уменьшаются почти в 2,5 раза, в среднем составляя 0,24 мг/сут б.в. Ко времени завершения фазы достигается максимальное за выдерживание значение массы тела (381 мг), молодь при этом имеет длину около 37 мм, массу желточного мешка – 18 мг. Равномерная скорость расходования желточного мешка постепенно начинает замедляться до 0,58 мг/сут б.в. Относительная масса желточного мешка в конце фазы уменьшается до 4,7 % от массы тела или 10,6% от первоначальной массы после вылупления.

Третья фаза («прекращения роста») характеризуется постепенным уменьшением массы тела, которое может составлять в среднем около 0,40 мг/сут б.в. Известно, что при отсутствии поступления пищи извне наблюдаются процессы, связанные с резорбцией тканей тела личинки [Новиков, 2000], что, по-видимому, и вызывает снижение их массы тела. Желточный мешок к возрасту 600 сут б.в. резорбируется полностью. Масса тела к возрасту 620 сут б.в. снижается до 345 мг.

Отход личинок, который за период экспериментального выдерживания не превышал 1 %, в конце третьей фазы возрос до 3 %. Это послужило причиной прекращения дальнейшего эксперимента по выдерживанию личинок без кормления. Можно полагать, что данная фаза не ограничивается максимальным возрастом, до которого проводились наши наблюдения, а завершается вместе с гибелью личинок, так и не перешедших на экзогенное питание. В.С. Ивлевым [1977] показано, что потеря массы молодью вследствие голодания в 25–30 % летальна. В нашем случае к возрасту 620 сут б.в. потеря массы от максимального значения могла составить только 9,5 %. Критическое значение потери массы тела (95 мг), приводящее к гибели, в соответствии с прогнозом тренда могло возникнуть в возрасте 670 сут б.в.

Выявленный нами возраст начала замедления роста (450 сут б.в.), в соответствии с принятой гипотезой, может являться тем возрастом, при котором в естественных условиях происходит переход эмбрионов на смешанное питание. Иными словами, он служит маркером достижения личиночного периода развития кеты. Биологический возраст, при котором начинается снижение массы (530 сут б.в.) и массовая гибели личинок (670 сут б.в., в условиях отсутствия эк-

зогенного питания) можно отнести к критическим моментам раннего онтогенеза кеты которые следует учитывать при планировании биотехнического цикла.

Подращивание личинок и мальков. Начало перехода личинок кеты на смешанное питание в зависимости от их возраста можно проследить по первому появлению пищи в желудочно-кишечном тракте, а интенсивность перехода — по доле питающихся особей. В экспериментальных вариантах, где возраст молоди на дату начала кормления был менее 450 сут б.в., пища в желудочно-кишечных трактах особей кеты была впервые обнаружена в возрасте около 450 сут б.в. (рис. 4). В частности, при кормлении с возраста 358 сут б.в. молодь вплоть до выпуска с ЛРЗ в возрасте 387 сут б.в так и не перешла на смешанное питание. При кормлении с возраста 414 сут б.в., в возрасте 425 сут б.в. пища в желудке отсутствовала и была отмечена лишь в возрасте 452 сут б.в. у более чем половины особей. При начале кормления молоди с 422 сут б.в. почти половина особей (46 %) начала питаться в возрасте 450 сут б.в., а при начале кормления с возраста 440 сут б.в. интенсивный переход особей (70 %) на смешанное питание произошел в возрастном интервале от 440 до 460 сут б.в.

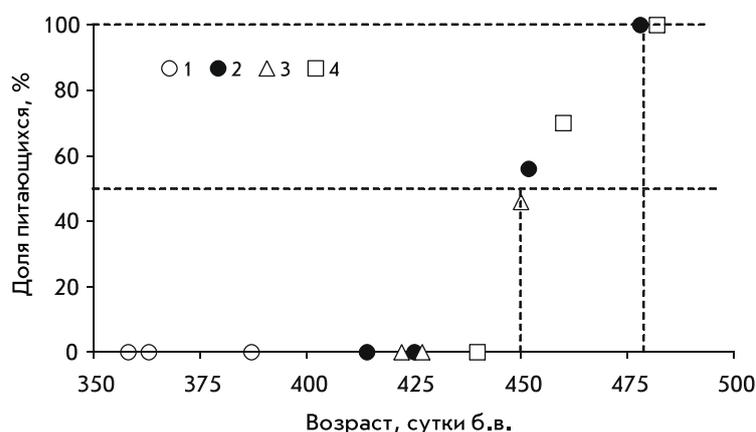


Рис. 4. Начало перехода личинок кеты на смешанное питание в зависимости от возраста личинок: 1 — кормление с 358 суток б.в.; 2 — кормление с 414 суток б.в.; 3 — кормление с 422 суток б.в.; 4 — кормление с 440 суток б.в.

Переход 100 % особей на смешанное питание отмечен нами в возрасте 478–482 сут б.в. Представленные на рис. 4 данные показывают, что переход более половины особей на смешанное питание, во всех случаях отмечалось в возрасте около 450 сут б.в. Этот возраст соответствует границе фаз «равномерного роста» и «замедления роста», выделенной по результатам наблюдений за выдерживанием свободных эмбрионов кеты без кормления. Очевидно, что в условиях ЛРЗ с данного возраста можно начинать кормление. Биологическими маркерами его наступления будут следующие средние значения биологических показателей личинок кеты: массы тела — около 360 мг; длины — около 34 мм; остатка желточного мешка — около 18 % от общей массы тела.

Удельные приросты личинок в ходе подращивания изменялись от 0,54 до 1,75 %/сут, причем, максимальные приросты пришлось на возраст начала кормления 483 сут б.в., а минимальные — на 414 сут б.в. (табл. 4). Между тем, величина приростов в значительной степени зависит от температуры. Сравнение экспериментальных данных с потенциально возможной способностью роста [Wetherley, Gill, 1995 — цит. по Леман, Чебанова, 2002] показало,

Показатели роста молоди кеты в ходе экспериментального подращивания при различных возрастах начала кормления

№ п/п	Продолжительность подращивания, сут ($D_j - Di$)	Возраст на дату начала кормления, сут.в. A_j	Средняя температура при подращивании, °С T	Средняя масса тела, мг		Удельные приросты, %/сутки C_w
				Дата начала наблюдений, W_i	Дата завершения наблюдений W_j	
5	34	413,5	3,6	342,0	463,1	0,89
6	8	421,4	6,0	349,9	364,8	0,54
3	72	440,2	6,6	360,1	1196,2	1,66
4	34	456,4	3,6	399,3	559,4	0,99
13	70	466,0	5,5	407,9	1157,0	1,49
12	70	482,3	5,5	384,6	1227,6	1,66
1	67	483,4	6,4	373,0	1201,4	1,75
10	70	503,5	5,5	356,1	1084,5	1,59
11	66	508,8	5,8	390,7	1069,7	1,52
9	31	524,9	5,2	626,1	936,8	1,30

что ни в одном из экспериментальных вариантов не была достигнута скорость роста, соответствующая потенциально возможной для молоди кеты, подращиваемой в пресной воде (рис. 5,А). По наблюдаемым данным, в одном случае скорость роста составила более 70 % от потенциально возможной, в шести – более 60 %, в двух – более 50 %, и в двух – менее 30 %. Сглаживание данных полиномиальным трендом позволило заключить, что максимальная скорость роста (более 60 % от потенциально возможной) соответствовала вариантам, где молодь начали кормить в диапазоне возрастов 450 и 530 сут б.в. (рис. 5,Б). Границы этого диапазона совпадают с границами фазы «замедления роста» личинок, выдерживаемых без кормления. Вершина полинома пришлась на точку, соответствующую математическому ожиданию максимального прироста (около 70 %) и возрасту начала кормления 490 сут б.в.

Заключение

Анализ экспериментальных данных по выдерживанию и подращиванию молоди кеты на ЛРЗ Юго-Восточного Сахалина проведенный с применением в качестве показателя времени биологического возраста позволил выявить некоторые особенности роста, связанные с условиями ее кормления.

На этапе выдерживания эмбрионов и личинок удалось установить три качественно и количественно различающиеся фазы роста – «равномерного роста», «замедления роста» и «прекращения роста». Как оказалось, идентификация границ фазы замедления роста является ключевым для определения даты начала кормления на последующем биотехническом этапе – при подращивании. Начало наступления фазы синхронизировано с готовностью личинок к переходу на смешанное питание и сигнализирует о необходимости приучения личинок к экзогенному питанию, хотя масса желточного мешка составляет еще более 1/3 от первоначальной. Границы фазы – от 450 до 530 сут б.в., масса тела молоди при этом изменяется в пределах 360–380 мг, длина от 34 до 37 мм, масса желточного мешка – от 18 до 5 % от массы тела. Середина фазы, которая приходится на возраст 490 сут б.в., признана оптимальной, для выбора даты начала полноценного кормления, поскольку кормление с данного возраста может обеспечить максимальные приросты. Индикаторами наступления этого момента развития могут являться следующие средние значения биологических показателей: массы тела – около 375 мг, длины тела – около 36 мм,

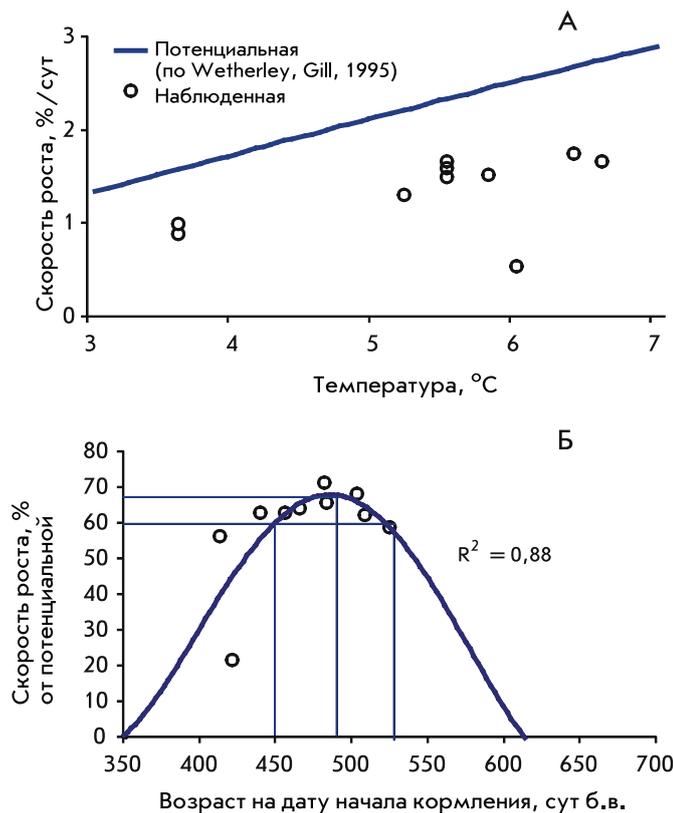


Рис. 5. Скорость роста молоди кеты при ее подращивании на ЛРЗ юго-восточного Сахалина в зависимости от температуры (А) и в процентах от потенциальной скорости роста в зависимости от возраста начала кормления (Б)

массы желточного мешка – около 40 мг, что составляет 22 % от его первоначальной массы или 10 % от массы тела.

Достаточно широкие пределы границ фазы торможения роста показывают высокую пластичность молоди кеты при переходе на смешанное питание. Вместе с тем, запоздание с началом кормления молоди и начало кормления по возрастам, соответствующим следующей фазе – «прекращения роста», неизбежно приведет к существенному снижению массы тела и в дальнейшем к их гибели. Отсутствие искусственного кормления молоди до достижения возраста 630 сут б.в., когда запасы желточного мешка утилизированы (полностью – к достижению возраста 600 сут б.в.), может явиться причиной 100%-ной ее гибели.

Вместе с тем, приведенные в настоящей статье данные свидетельствуют о том, что даже при соблюдении нормативных значений плотности посадки и рациона кормления, а также при оптимальном возрасте начала кормления потенциально возможная скорость роста не достигается. А это значит, что утвержденные нормативы условий среды (плотности посадки, концентрация кислорода в воде, расходы воды и др.) для подращивания молоди кеты на ЛРЗ нуждаются в более внимательном исследовании на предмет их соответствия обеспечению максимальной продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

- Городилов Ю.Н. 1980. Равномерный темп метамеризации осевого отдела у зародышей костистых рыб при постоянной температуре // Докл. АН СССР. Т. 251. № 2.– С. 469–473.
- Городилов Ю.Н. 1992. Анализ математической зависимости скорости эмбриогенеза от температуры у низших позвоночных // Журнал общей биологии. Т. 53. № 1.– С. 118–127.
- Детлаф Т.А. 2001. Температурно-временные закономерности развития пойкилотермных животных.– М.: Наука.– 211 с.
- Детлаф Т.А., Детлаф А.А. 1960. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // Докл. АН СССР. Т. 134. № 1.– С. 199–202.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2006. Качество и экологическая полноценность выращиваемой молоди лососей // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Международный научно-практический семинар. Петропавловск-Камчатский. 30 ноября – 1 декабря 2006 г.: Материалы докладов.– Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книж. изд-во.– С. 119–123.
- Ивлев В.С. 1977. Экспериментальная экология питания рыб.– Киев: Наукова думка.– 270 с.
- Итоги работы лососевых рыбоводных заводов на Дальнем Востоке в 2005/2006 производственном году // Рыбное хозяйство. № 4. 2007.– С. 48–50.
- Каев А.М., Игнатьев Ю.И. 2007. Заводское разведение лососей в Сахалинской области // Рыбное хозяйство. № 6.– С.57–60.
- Канидьева А.Н. 1967. Факторы среды определяющие величину смертности и возможности повышения жизнестойкости заводской молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) в пресноводный период жизни. Автореф. дисс. ... канд. биол.наук.– М.: ВНИПРХ.– 24 с.
- Канидьева А.Н. 1984. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб.– М.: Легкая и пищевая промышленность.– 216 с.
- Канидьева А.Н., Леванидов В.Я. 1968. Вопросы улучшения биотехники разведения кеты // Изв. ТИНРО. Т. 65.– С. 119–132.
- Кляшторин Л.Б., Смирнов Б.П. 1992. Тихоокеанские лососи :состояние запасов и воспроизводство // Рыб. хоз-во. Сер. Аквакультура: Обзорная информация. Вып. 2.– М.: ВНИЭРХ.– 36 с.
- Кобаяси Т. 1988. Воспроизводство запасов лососей в Японии // Рыбное хозяйство. № 2.– С. 57–62.
- Леванидов В.Я. 1965. Питание и рост мальков кеты в пресных водах // Зоол. журн. Т. 34. Вып. 2.– С. 371–379.
- Леман В.Н., Чебанова В.В. 2002. Возможности повышения эффективности искусственного разведения кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) и экология заводской молоди в бассейне реки Большая (Западная Камчатка) // Экологическая физиология и биохимия рыб в аспекте продуктивности водоемов. Труды ВНИРО. Т. 141.– М.: Изд-во ВНИРО.– С. 102–113.
- Медников Б.М. 1977. Температура как фактор развития // Внешняя среда и развивающийся организм.– М.: Наука.– С. 7–52.
- Новиков Г.Г. 2000. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе.– М.: Эдиториал УРСС.– 296 с.

Приказ Государственного комитета Российской Федерации по рыболовству от 21 сентября 1999 г. № 264. Об утверждении временных биотехнических нормативов по разведению молоди ценных промысловых рыб предприятиями по искусственному воспроизводству рыбных запасов Российской Федерации. 1999.— М.: Госкомрыболовство.— 14 с.

Смирнов А.И. 1963. Инструкция по искусственному разведению лососей.— М.: Изд-во Рыбное хозяйство.— 60 с.

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 воспроизводства тихоокеанских лососей в России: современное состояние, проблемы и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Международный научно-практический семинар. Петропавловск-Камчатский. 30 ноября – 1 декабря 2006 г.: Материалы докладов.— Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книж. изд-во.— С. 16–26.

Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. 1989. Применимость метода безразмерных характеристик и уравнения Таути для прогнозирования длительности стадий эмбриогенеза рыб // Ранний онтогенез объектов марикультуры.— М.: ВНИРО.— С. 102–113.

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: Тр. Сахал-го науч.-исслед. инс-та рыбн. хоз-ва и океанографии.— Южно-Сахалинск: СахНИРО. Т. 5.— С. 85–98.

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.

Higurashi T., Tauti M. 1925. On the relation between temperature and the development of fish-eggs // J. Imper. Fish. Inst., 21.— P. 1–16.

Hiroi O. 1998. Historical trends of salmon fisheries and stock condition in Japan // Assessment and status of Pacific Rim salmonid stocks // Bull. NPAFC., 1. Bull.— P. 23–27.

Kaeriyama M. 1989. Aspects of salmon ranching in Japan // Physiol. Ecol. Japan. Spec. Tokyo, 1.— P. 625–638.

Kaeriyama M. 1996. Population dynamics and stock management of hatchery-reared salmon in Japan // Bull. Natl. Res. Aquacult. Suppl. N. 2.— P. 11–15.

Shirachata S. 1985. Strategies in salmon farming in Japan // NOAA, Tech. Rep. NMES., 27.— P. 91–95.

Wetherley A., Gill H. 1995. Growth // Pacific Salmon Life History. (ed. Groot c.& Margolis L.). Vancouver: UBC Press.— P. 103–158.

Parker R.R. 1962. Estimations of ocean mortality rates for Pacific salmon (*Oncorhynchus*) // J. Fish. Res. Board Can. V. 19. N. 4.— P. 561–589.

Ricker W.E. 1966. Sockeye salmon in British Columbia // Bull. Internat. N. Pacif. Fish. Comm. N. 18.— P. 59–70.

Senn H.G., Hager R. 1976. Comparison of sea water with fresh water in rearing chum salmon smolts // J. Fish. Res. Board Can. V. 38. N. 2.— P. 108–109.