

УДК: 639.371:639.3

## ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ И СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА НА РОСТ МОЛОДИ КЕТЫ

*Е.В. Тарасюк, С.Н. Тарасюк*

ВНИРО, Москва, eltarasyuk@yandex.ru

## INFLUENCE OF STOCKING DENSITY AND OXYGEN CONTENT ON GROWTH OF CHUM SALMON JUVENILES

*E.V. Tarasyuk, S.N. Tarasyuk*

VNIRO, Moscow, eltarasyuk@yandex.ru

Объемы искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке России в последние годы составляют около 700 млн экз. в год, причем, более 50 % от общего выпуска молоди приходится на кету [Итоги..., 2007]. Эффективность работы рыбоводных заводов, воспроизводящих кету, существенно различается в зависимости от их географического положения и уровня применяемой биотехники, от очень низкой – в Магаданской области [Смирнов и др., 2006], до очень высокой – на большей части ЛРЗ Сахалинской области [Каев, Игнатъев, 2007]. В значительной степени положительные результаты работы ЛРЗ проявились после их масштабной реконструкции, выполненной в 1990-е годы, когда были внесены коррективы в биотехнику разведения и системы водоснабжения заводов. На большей части эффективно работающих ЛРЗ пресноводное подращивание мальков кеты стало осуществляться до получения навески в 1,0 г и более. Выпуск крупной подрощенной молоди, а также его синхронизация с ходом природных процессов в прибрежье, обеспечивающая попадание молоди в благоприятные условия для откорма, приводит к увеличению коэффициентов промыслового возврата [Кобаяси, 1988; Кляшторин, Смирнов, 1992; Смирнов и др., 2006].

Одной из причин низкой эффективности работы некоторых ЛРЗ является дефицит грунтовых вод и неблагоприятное влияние связанных с ним факторов – низкой обеспеченности молоди кислородом, проявляющейся в наибольшей степени при высокой плотности посадки молоди. Инструкцией по искусственному разведению тихоокеанских лососей при длительном кормлении рекомендована плотность посадки 10 тыс. шт/м<sup>2</sup> [Смирнов, 1963]. Временными биотехническими нормативами по разведению кеты максимальная допустимая плотность посадки молоди при подращивании до навески 1,0 г установлена равной 8,0 тыс. шт/м<sup>2</sup> [Приказ..., 1999]. Однако, даже при соблюдении указанных плотностей на ЛРЗ, в случае недостаточной интенсивности водообмена и ухудшения некоторых физических и химических показателей воды (температу-

ра, концентрация растворенного кислорода) может происходить гипоксия молоди, негативно влияющая на скорость роста и качество молоди.

Известно, что по мере увеличения концентрации рыбы возрастает ее потребность в кислороде, в свою очередь, потребление кислорода увеличивается с возрастанием температуры и понижается одновременно с ростом молоди [Винберг, 1956; Ивлев, 1977; Канидьев, 1984]. Переуплотнение может вызывать задержку роста у лососей. Поэтому, одним из критериев соответствия плотности посадки молоди лососей ее потребностям в кислороде является темп роста [Канидьев, 1984; Лавровский, 1981; Линник, 1988]. Между тем, опубликованные работы о влиянии плотности посадки на темп роста молоди кеты крайне немногочисленны и противоречивы. В частности, Н.Б. Хоревиной [1988] наибольший темп роста выявлен у молоди кеты, подращиваемой при плотности 20 тыс. шт/м<sup>2</sup>. Нашими исследованиями было установлено, что плотность посадки более 40 тыс. шт/м<sup>3</sup> при температурах от 4,2 до 13,6 °С оказывает отрицательное влияние на темп роста [Тарасюк, Кушнарера, 1998]. Благоприятное влияние на темп роста молоди кеты разреженной плотности (8 тыс. шт/м<sup>2</sup>) при низких значениях температуры (менее 1,5 °С) было отмечено Хованским [2006].

Целью настоящей работы является изучение влияния плотности посадки молоди кеты на темп ее роста при разных значениях температуры, а также концентрации кислорода и анализ существующих биотехнических нормативов и их соответствия критерию обеспечения максимальной скорости роста.

## Материал и методика

В основу работы положены материалы экспериментальных работ по подращиванию молоди кеты, которые были проведены в 1988–2002 гг. на ЛРЗ «Залом», а также на Охотском, Соколовском, Ясноморском рыбоводных заводах, расположенных в южной части о-ва Сахалин. Подращивание молоди кеты осуществлялось при переменных значениях температуры, что обеспечивалось ее естественной сезонной динамикой, среднесуточные значения температур в целом за период подращивания варьировали в различных вариантах в диапазоне от 3,6 до 9,4 °С.

При подращивании в условиях цехов (ЛРЗ «Залом») использовали производственные рыбоводные каналы (площадью 38 м<sup>2</sup> каждый) с уровнем воды в них 0,18–0,20 (реже – 0,50) м. На других ЛРЗ (Охотском, Соколовском, Ясноморском) использовали садки площадью 1 м<sup>2</sup>, уровень воды в которых составлял 0,20–0,31 м. Плотность посадки молоди кеты в экспериментальных вариантах была искусственно задана в интервале от 10 до 75 тыс. шт. в 1 м<sup>3</sup> (от 5 до 25 тыс. шт. под 1 м<sup>2</sup>). Кормление производилось, начиная с возраста от 456 до 526 сут б.в., что по нашим данным соответствует оптимальному диапазону для начала кормления.

В качестве кормов использовали гранулированный корм японского производства, были приняты относительные суточные рационы от 2,2 до 3,0 % от массы тела, которые корректировались в сторону увеличения по мере роста молоди. Концентрацию кислорода измеряли с помощью рыбоводного оксиметра японского производства на втоке и вытоке рыбоводных каналов, а при подращивании в садке – в его средней части. Расход воды на один рыбоводный канал варьировал от 100 до 200 л/мин, его увеличивали по мере возрастания массы тела молоди и с учетом плотности посадки, а в конце подращивания он составлял во всех вариантах около 200 л/мин.

Пробы на биологический анализ отбирали один раз в пятидневку, всего отобрано на биологический анализ 106 проб, включающие в себя 5300 шт. моло-

ди кеты. Даты проведения экспериментальных работ и объем собранного материала по каждому из вариантов представлены в табл. 1.

Удельные приросты молоди рассчитывали по формуле:

$$C_w = \frac{\ln W_j - \ln W_i}{D_j - D_i} \cdot 100 \%,$$

где  $D_i$  и  $D_j$  – длительность развития 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.

В качестве меры времени использовали биологический возраст [Тарасюк, Тарасюк, 1989, 2007]. Количественная оценка биологического возраста кеты производилась в соответствии с методом масштабных характеристик.

Потребление молодью кислорода  $Q$  (мг кислорода/г массы рыбы в час) в зависимости от ее массы и температуры воды рассчитывали по уравнению, предложенному Винбергом [1956] для лососевых рыб, выращиваемых при 20 °С:  $Q = 0,712 \cdot W^{0,76}$  с соответствующими температурными поправками, указанными для диапазона от 5 до 30 °С и рыбы массой 1 г. Для температур ниже 5 °С примерные значения температурных поправок рассчитали в соответствии с трендом кривой, построенной по данным таблицы поправок.

Расход кислорода на дыхание молодью общей массой 1 кг  $Q'$  в (мг кислорода/кг массы рыбы в час) рассчитывали по уравнению:

$$Q' = \frac{Q \cdot 1000}{k \cdot W},$$

где  $k$  – температурная поправка,  $W$  – масса тела рыбы, г.

Балансовое уравнение для проточных бассейнов, учитывающее траты кислорода на окисление органических веществ [Лавровский, 1981; Канидьеv, 1984] использовали в виде:

$$B = \frac{n \cdot (O_2' - O_2) \cdot 1000 \cdot 90}{Q' \cdot 1000},$$

где  $B$  – общая масса рыбы в 1 м<sup>3</sup> рыбоводного канала, кг;  $n$  – кратность смены воды в канале за 1 час;  $O_2'$  и  $O_2$  – концентрация кислорода, соответственно, на вытоке и втоке канала, в мг/л;  $Q'$  – расход кислорода на дыхание рыбами общей массой 1 кг (мг кислорода/кг массы рыбы в час).

Кратность смены воды в канале определяли по уравнению:

$$n = \frac{R \cdot 60}{V},$$

где  $R$  – расход воды в канале, л /мин;  $V$  – объем воды в канале, л.

## Результаты и обсуждение

**Темп роста личинок и мальков при различной плотности посадки и содержании кислорода.** Удельные приросты молоди кеты варьировали по вариантам в пределах от 0,99 до 3,73 % в сутки (табл. 2). Максимальные приросты наблюдались при плотности посадки 26 тыс. шт/м<sup>3</sup> и температуре 9,4 °С, а минимальные – при плотности 50 тыс. шт/м<sup>3</sup> и температуре 3,6 °С. Поскольку на скорость роста, кроме плотности посадки, оказывают влияние и другие факторы среды, мы попытались вычленить влияние этих факторов.

Как известно, одним из основных факторов, определяющих скорость роста рыб является температура [Хоар и др., 1983; Смирнов, 1975; Канидьеv, 1984 и др.]. Связь потенциально возможной способности роста кеты с температурой, как следует из графика [Wetherley, Gill, 1995 – взято: Леман, Чебанова, 2002], близка к прямо пропорциональной (рис. 1,А). Нанеся на гра-

## Объем биологического материала, собранного в ходе экспериментального подращивания молоди кеты в 1988–2002 гг.

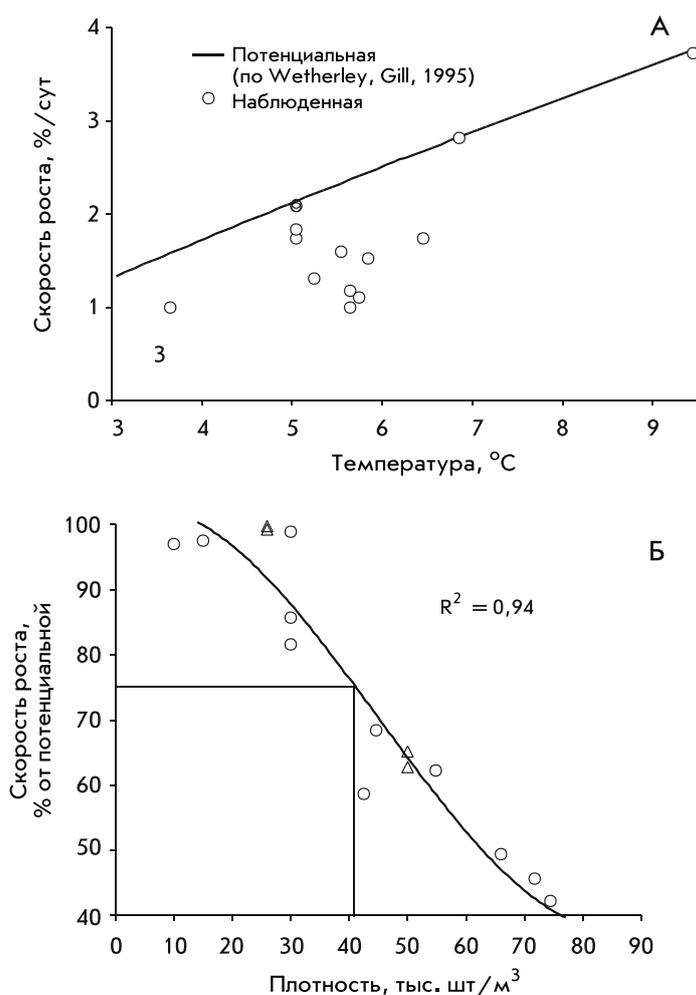
ЛРЗ	Дата оплодотворения	Дата выпуска	Дата начала кормления	Плотность посадки, тыс. шт./м <sup>3</sup>	Уровень воды, м	Количество проб, шт.	Общий объем проб, экз.
Охотский	17.09.87	27.05.88	15.03.88	50	0,20	10	500
Соколовский	03.10.88	31.05.89	21.04.89	50	0,20	4	200
Залом	28.10.93	12.06.94	17.04.94	30	0,50	8	400
Залом	28.10.93	12.06.94	17.04.94	28	0,50	8	400
Залом	28.10.93	12.06.94	17.04.94	15	0,50	8	400
Залом	28.10.93	12.06.94	17.04.94	10	0,50	7	350
Залом	28.10.93	12.06.94	17.04.94	30	0,18	8	400
Залом	13.10.94	30.05.95	24.03.95	42	0,20	8	400
Залом	13.10.96	18.05.97	14.03.97	45	0,20	8	400
Залом	06.10.96	14.05.97	07.03.97	55	0,20	8	400
Залом	03.10.96	13.05.97	07.03.97	66	0,20	7	350
Залом	10.10.96	14.05.97	07.03.97	75	0,20	7	350
Залом	25.09.96	04.05.97	14.02.97	72	0,20	6	300
Ясноморский	06.09.01	26.05.02	23.04.02	26	0,31	5	250
Ясноморский	15.09.01	12.06.02	13.05.02	26	0,31	4	200

Условия подращивания и показатели роста молодых кеты при различных плотностях посадки (\* — садок)

Продолжительность подращивания, сутки ( $D_j - D_i$ )	Концентрация кислорода в конце подращивания, мг/л		Плотность посадки, тыс. шт./м <sup>3</sup> $P$	Средняя температура при подращивании, °С $T$	Средняя масса тела, мг		Удельные приросты, %/сут $C_W$
	на входе $O_2$	на выходе $O_2$			на начало подращивания, $W_i$	на конец подращивания $W_j$	
67		н.д.*	50	6,4	373,0	1201,4	1,75
34		н.д.*	50	3,6	399,3	559,4	0,99
35	11,0	8,5	30	5,0	494,4	909,8	1,74
35	11,0	8,5	30	5,0	494,4	938,0	1,83
35	11,0	9,7	15	5,0	494,4	1024,2	2,08
35	11,0	10,1	10	5,0	494,4	1021,8	2,07
35	11,0	8,3	30	5,0	494,4	1035,0	2,11
31	10,1	6,5	42	5,2	626,1	936,8	1,30
70	9,5	4,5	45	5,5	356,1	1084,5	1,59
66	9,5	4,3	55	5,8	390,7	1069,7	1,52
54	9,5	3,4	66	5,6	441,1	954,5	1,17
67	9,5	3,3	75	5,6	433,3	847,4	1,00
45	9,5	3,4	72	5,7	580,5	954,1	1,10
32		7,3*	26	6,8	349,3	860,4	2,82
29		7,4*	26	9,4	358,2	1057,2	3,73

фик данные наших наблюдений, мы убедились, что в пяти случаях из пятнадцати молодью кеты была достигнута скорость роста, близкая к потенциально возможной – при 5,0 °С (в трех случаях), а также при 6,8 и 9,4 °С. Скорость роста при этом, в соответствии с увеличением температуры, возрастала от 2,1 до 3,7 % в сутки. Плотность посадки в этих вариантах была минимальной и составляла от 10 до 30 тыс. шт/м<sup>3</sup>. Напротив, в трёх случаях скорость роста молоди значительно уступала потенциально возможной – при температуре 5,6–5,7 °С она составляла около 1,0–1,2 % в сутки, что соответствует 40–50 % от потенциально возможной, и была отмечена при максимальных плотностях посадки – от 66 до 72 тыс. шт/м<sup>3</sup>.

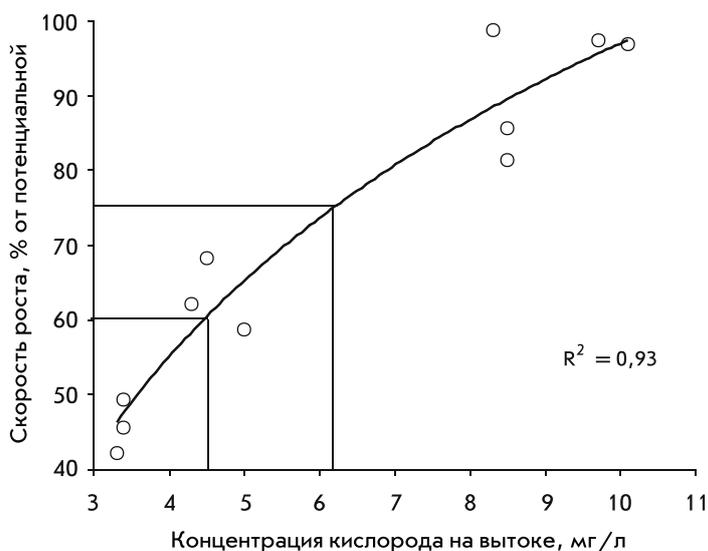
Выразив скорость роста молоди кеты в разных вариантах подращивания через ее долю от потенциально возможной, выраженную в процентах, и тем самым нивелируя влияние температуры, построили график относительной скорости роста в зависимости от плотности посадки (рис. 1,Б). Оказалось, что между относительной скоростью роста и плотностью посадки существует нелинейная связь, которую можно с высокой степенью детерминации описать S-образной кривой. При этом, точки, соответствующие данным по подращиванию молоди как в рыбоводных каналах (в производственных условиях), так и в садках (в экспериментальных условиях), закономерно располагались вблизи графика аппроксимирующей эти данные кривой.



**Рис. 1.** Изменение скорости роста: суточной – в зависимости от температуры (А); относительной (в процентах к потенциальной) – в зависимости от плотности (Б) (треугольниками обозначены данные по скорости роста молоди кеты в садках)

По мере возрастания плотности посадки до 10 тыс. шт/м<sup>3</sup> приросты начинали снижаться, сначала постепенно, а затем, по достижению плотности 20 тыс. шт/м<sup>3</sup> — все более резко. В интервале значений плотности посадки от 30 до 60 тыс. шт/м<sup>3</sup> скорость снижения темпа роста была примерно одинакова, после чего она несколько замедлялась. Можно полагать, что снижение скорости роста при увеличении плотности посадки молоди кеты связано с проявлением гипоксии. На графике изменения относительной скорости роста в зависимости от концентрации кислорода рыбоводных каналов видно, что рост был тем выше, чем выше была концентрация кислорода на вытоке канала (рис. 2).

Как известно, при выращивании молоди лососей концентрация кислорода не должна снижаться далее определенного уровня, за которым наступает снижение обмена веществ. Таким критическим уровнем считается концентрация



**Рис. 2.** Изменение относительной (в процентах к потенциальной) скорости роста в зависимости от концентрации кислорода на вытоке рыбоводных каналов

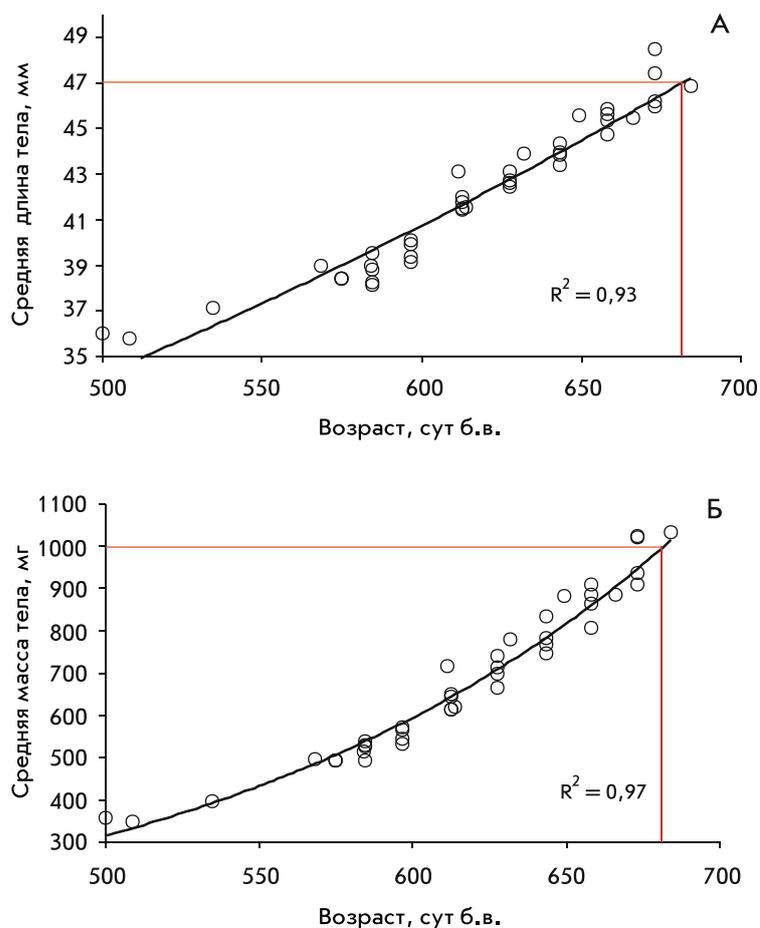
6–7 мг/л, ниже которого тормозятся потенциальные возможности роста [Канидьев, 1984], а при концентрации 5 мг/л у молоди кеты наблюдается снижение интенсивности дыхания [Леванидов, 1969]. Как следует из наших данных, при концентрации кислорода на вытоке канала 8 мг/л и более относительная скорость роста составляла 80–100 % от потенциальной, в то время как при концентрации 5 мг/л и менее она составляла только 40–70 %.

При исследовании влияния интенсивности водообмена и плотности посадки на скорость роста радужной форели А.В. Линником

[1988] было предложено в качестве нижней границы кислородного режима и плотности посадки считать такой уровень водообмена, при котором темп роста составляет не менее 75 % от максимального. В соответствии с нашими данными (см. рис. 1Б, 2), такая скорость роста наблюдается при плотности посадки менее 40 тыс. шт/м<sup>3</sup> (или 8 тыс. шт/м<sup>2</sup>) и концентрации кислорода на вытоке канала более 6 мг/л.

**Темп роста и продолжительность подращивания.** Скорость роста определяет продолжительность периода подращивания. На рис. 3 приведены графики, демонстрирующие темп роста молоди кеты, реализующий более 75% потенциально возможной скорости роста в условиях оптимальной плотности посадки (менее 40 тыс. шт/м<sup>3</sup>).

Молодь достигает массы тела 1 г к возрасту 680 сут б.в., длина тела к этому времени составляет около 47 мм. Рост массы тела лучше описывается экспоненциальной функцией, а длины — уравнением прямой. Поскольку биологический возраст стандартизирует рост к одной температуре, то ее влияние в данном случае не проявляется. Длительность подращивания в единицах биологического возраста при разных температурах до достижения навески 1 г составляет около 180 сут б.в. (680 – 500 = 180).



**Рис. 3.** Динамика средней длины (А) и массы (Б) тела личинок и мальков кеты в процессе их выдерживания при плотностях посадки менее 40 тыс. шт/м<sup>3</sup>

В единицах календарного времени длительность подращивания до навески 1 г будет существенно зависеть от температуры, уменьшаясь по мере ее возрастания. Если исходить из критерия 75 % скорости роста молоди от потенциальной, то воспользовавшись формулой для расчета удельных приростов молоди и зависимостью потенциальной скорости роста от температуры можно рассчитать примерную продолжительность периода подращивания молоди кеты при той или иной температуре. Например, при 3 °С потенциальная скорость роста составляет 1,3 % в сут, а 75 % от нее – 0,975 % в сут. При подращивании молоди кеты, начиная с навески 375 мг до 1000 мг продолжительность подращивания равна:

$$(D_j - D_i) = \frac{(\ln W_j - \ln W_i) \cdot 100}{C_W} = \frac{0,9809 \cdot 100}{0,9975} = 98,3 \text{ сут.}$$

Аналогичным образом рассчитанная длительность для других температур составляет: при 5 °С – 60, при 7 °С – 44, а при 10 °С – 33 сут. Расчетные значения длительности подращивания подтверждаются также результатами, полученными в экстремальных температурных условиях. Так, при очень низких температурах (1,5–0,6 °С) даже длительное подращивание в течение 3,5 мес позволило получить навеску молоди лишь около 0,5 г [Хованский, 2006]. Напротив, при очень высоких температурах (14–15 °С) экспериментальное подращивание молоди кеты до массы 0,9 г длилось всего 20 дней [Строганов и др., 2006].

Применяя упомянутое уравнение, получаем, что до навески 1 г при таких температурах молодь нужно было бы подращивать, в первом случае – 187 сут, а во втором – 24 сут.

Очевидно, что чем меньше период эффективного подращивания, тем больше будет экономия ЛРЗ за счет уменьшения расхода кормов. Это также увеличивает возможности управления длительностью биотехнических циклов воспроизводства с целью синхронизировать выпуск рыбоводной продукции со сроками наступления наиболее благоприятных кормовых условий в прибрежье, и тем самым увеличить коэффициенты возврата кеты.

#### **Расход количества воды, необходимой для подращивания молоди кеты.**

Для реализации молодь кеты не менее 75 % от своего потенциала роста, по всей видимости, потребуются внесение изменений в биотехнические нормативы в части критической концентрации кислорода. Это, в свою очередь, сопряжено с одновременным внесением изменений в биотехнические нормативы в части тесно связанных с этой величиной минимальных расходов воды в зависимости от ее насыщения кислородом и температуры.

Расход воды может быть рассчитан по уравнению баланса кислорода при заданных постоянных значениях минимальной концентрации кислорода и плотности посадки, где в качестве переменных величин выступают концентрация кислорода на входе в рыбоводный канал (бассейн) и температура воды. Мы рассчитали нормы расхода воды для рыбоводного канала площадью 38 м<sup>2</sup> при уровне воды в нем 20 см (табл. 3) при плотности посадки 8 тыс. шт/м<sup>2</sup> и минимальной концентрации кислорода на выходе 6 мг/л. Способ расчета по балансовому уравнению для форели подробно изложен В.В. Лавровским [1981], тем не менее, учитывая особенности выполнения расчетов в нашем случае, приведем в качестве примера один из таких расчетов для определения минимального расхода воды при концентрации кислорода 13,5 мг/л и температуре 5 °С.

Расходная часть баланса выглядит следующим образом. Потребление кислорода одной особью кеты массой 1 г за 1 час при температуре 20 °С составляет 0,712 мг/л [Винберг, 1956; Канидьев, 1984]. При 5 °С с учетом температурной поправки, равной 5,19 [Винберг, 1956], потребление кислорода уменьшается до 0,1372 мг/л. Из расчета на 1 кг массы молоди потребление кислорода молодь кеты составляет 137,2 мг/л в час. Общая биомасса рыбы *V* в объеме воды 1 м<sup>3</sup> с учетом заданной плотности 8 тыс. шт/м<sup>2</sup> составляет 40,0 кг. Следовательно, балансовое уравнение сводится к виду:

$$40 = \frac{90 \cdot R \cdot 60 \cdot (13,5 - 6,0) \cdot 1000}{38 \cdot 0,2 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 137,2},$$

откуда необходимый расход воды (*R*) равен 103 л/мин. В расчете на 1 млн шт. рыбоводной продукции он составит 5,6 л/с.

Аналогичным образом провели расчеты для различных температур и при разной концентрации растворенного в воде кислорода в диапазоне от 3 до 15 °С (табл. 3). При этом, при выборе диапазона значений, максимальную концентрацию кислорода выбрали, исходя из максимального значения 13,5 мг/л, соответствующего 100 % насыщению при температуре 3,0 °С [Справочник..., 1971]. Минимальное значение концентрации 7,0 мг/л было выбрано, как значение, соответствующее 50–60 % от предельной величины насыщения воды кислородом, которое определяется как минимально допустимое [Смирнов, 1963]. Диапазон температур выбран в пределах обычно наблюдаемых на ЛРЗ значений (от 3 до 10 °С), расширенный до 15 °С с учетом опубликованных в печати положительных результатов подращивания при таких температурах [Строганов и др., 2006].

Минимальный расход воды (л/с) в расчете на 1 млн шт. рыбоводной продукции при подращивании молоди кеты до навески 1 г в зависимости от начальной концентрации растворенного в воде кислорода и её температуры при условии минимальной концентрации кислорода на высоте 6,0 мг/л

Кислород, мг/л	Температура, °С														
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0		
13,5	4,6	5,2	5,6	6,5	7,4	8,4	9,6	11,0	12,2	13,6	15,1	16,9	18,7		
13,0	4,9	5,5	6,1	6,9	7,9	9	10,3	11,8	13,1	14,6	16,2	18,1	20,0		
12,5	5,3	5,9	6,5	7,5	8,5	9,8	11,1	12,7	14,1	15,7	17,4	19,5	21,5		
12,0	5,8	6,4	7,1	8,1	9,2	10,5	12,1	13,8	15,3	17,0	18,9	21,1	23,4		
11,5	6,2	7,0	7,7	8,8	10,1	11,5	13,2	15,0	16,7	18,5	20,6	23,0	25,5		
11,0	6,9	7,7	8,5	9,7	11,1	12,7	14,5	16,5	18,4	20,4	22,7	25,3	28,0		
10,5	7,7	8,6	9,4	10,7	12,3	14,0	16,1	18,3	20,4	22,6	25,2	28,1	31,1		
10,0	8,6	9,6	10,6	12,1	13,8	15,8	18,0	20,6	22,9	25,4	28,3	31,6	35,0		
9,5	9,8	11,0	12,1	13,8	15,8	18,1	20,6	23,5	26,2	29,1	32,4	36,1	40,0		
9,0	11,5	12,8	14,1	16,1	18,4	21,1	24,1	27,5	30,5	33,9	37,8	42,1	46,7		
8,5	13,8	15,4	16,9	19,4	22,1	25,3	28,8	32,9	36,7	40,8	45,3	50,5	56,0		
8,0	17,2	19,2	21,2	24,2	27,6	31,6	36,1	41,2	45,8	50,9	56,7	63,2	70,0		
7,5	22,9	25,7	28,2	32,2	36,8	42,1	48,1	54,9	61,1	67,9	75,5	84,2	93,4		
7,0	34,4	38,5	42,4	48,3	55,3	63,2	72,1	82,3	91,7	101,8	113,3	126,4	140,1		

Инструкцией по разведению тихоокеанских лососей расходы воды рекомендуются не менее 1,5–2,0 л/с на 1 млн шт. молоди кеты [Смирнов, 1963], а существующими нормативами – от 8 до 15 л/с [Приказ..., 1999]. Как показали расчеты по балансовому уравнению, для получения 1 млн шт. рыболовной продукции с высоким темпом роста, расходы воды варьируют значительно и превышают нормативные значения. При концентрации кислорода 13,5 мг/л они составляют: 4,6 л при температуре 3 °С и 18,7 л при температуре 15 °С. При снижении насыщения кислорода до 7 мг/л потребность в расходе воды резко возрастает, варьируя от 34,4 л при 3 °С до 140,1 л при 15 °С.

Столь значительное возрастание необходимого для эффективного роста молоди расхода воды при повышении ее температуры может существенно ограничить возможности акселерации за счет повышения температур при подращивании в производственных условиях ЛРЗ.

### **Заключение**

Результаты изучения влияния плотности посадки на скорость роста молоди кеты показали, что существующий биотехнический норматив по допустимой плотности посадки для подращивания молоди кеты до навески 1 г, равный 8 тыс. шт/м<sup>2</sup>, обеспечивает скорость роста более 75 % от максимальной.

Температуры воды от 3 до 10 °С, которые отмечаются на ЛРЗ юга Сахалина, определяют максимальную продолжительность подращивания до навески 1 г сроками от 3 до 1 месяца. Поскольку период подращивания необходимо увязывать с оптимальными сроками выпуска и наступлением готовности молоди к смешанному питанию, то на ЛРЗ, не имеющих технической возможности осуществлять терморегуляцию, попытки достижения задачи выпуска молоди нормативной навески будет приводить либо к задержке сроков выпуска, либо к выпуску молоди меньших размеров. И то и другое будет уменьшать коэффициенты возврата.

При концентрации кислорода 4,5 мг/л, которая определена в качестве критического значения указанными нормативами, молодью может быть реализовано не более 60 % от потенциальной скорости роста. Для увеличения эффективности искусственного воспроизводства кеты необходимо, чтобы концентрации кислорода на вытоке рыболовной емкости, применяемой для подращивания, была не менее 6 мг/л.

Возможности подращивания молоди кеты с обеспечением ее водой с необходимым для дыхания и эффективного роста количеством кислорода могут существенно ограничиваться дебетом источников водоснабжения в зависимости от температуры и ее исходного насыщения кислородом.

Полученные результаты позволяют анализировать причины недостаточно эффективной работы заводов и определить способы их устранения с учетом конкретных особенностей источника водоснабжения на том или ином ЛРЗ. Кроме того, они могут быть полезны при проектировании строительства новых ЛРЗ по воспроизводству кеты для предварительной оценки их предполагаемой эффективности и целесообразности строительства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- Винберг Г.Г.* 1968. Методы определения продукции водных животных. – Минск: Вышшая школа. – 244 с.
- Ивлев В.С.* 1977. Экспериментальная экология питания рыб. – Киев: Наукова думка. – 270 с.
- Итоги работы лососевых рыболовных 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.

- Канидьев А.Н. 1984. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб.— М.: Изд-во Лёгкая и пищевая промышленность.— 216 с.
- Кляшторин Л.Б., Смирнов Б.П. 1992. Тихоокеанские лососи: состояние запасов и воспроизводство // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура: Обзорная информация. Вып. 2.— М.: ВНИЭРХ.— 36 с.
- Кобаяси Т. 1988. Воспроизводство запасов лососей в Японии // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 57–62.
- Кожин Н.И. 1971. Справочник рыбовода.— М.: Пищевая промышленность.— 208 с.
- Лавровский В.В. 1981. Пути интенсификации форелеводства.— М.: Изд-во Лёгкая и пищевая промышленность.— 168 с.
- Леванидов В.Я. 1969. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Труды ТИНРО.— Т.67.— 242 с.
- 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.— М.: Изд-во ВНИРО. Т.141.— С.102–113.
- Линник А.В. 1988. Влияние плотностей посадки и интенсивности водообмена на рост и питание радужной форели: Автореф. дис... канд. биол. наук.— М.: ВНИИПРХ.— 26 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» — М.: Госкомрыболовство, 1999.— 14 с.
- Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей.— М.: Изд-во МГУ.— 335 с.
- Смирнов А.И. 1963. Инструкция по искусственному разведению лососей.— М.: Изд-во Рыбное хозяйство.— 60 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.
- Строганов А.Н., Стрючкова Л.В., Каверзин С.А., Новиков Г.Г. 2006. Модульные рыбоводные заводы — перспективы и опыт использования при культивировании дальневосточных 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. 44–48.
- Тарасюк Е.В., Кушнарева А.А. 1998. Факторы среды и рост молоди кеты при ее подращивании в условиях сахалинских рыбоводных заводов // Северо-восток России: проблемы экономики и народонаселения: «Северо-восток России: прошлое, настоящее, будущее». Магадан. 31 марта – 2 апреля 1998: Тезисы докладов. Магадан.— С. 46–48.
- 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. 1989. Применимость метода безразмерных характеристик и уравнения Таути для прогнозирования длительности стадий эмбриогенеза рыб // Ранний онтогенез объектов мариккультуры.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 102–113.
- Хоар У., Рендолл Д., Дж. Бретт. 1983. Рост и биоэнергетика рыб.— М.: Изд-во Лёгкая и пищевая промышленность.— 407 с.
- Хованский И.Е. 2006. Эколого-физиологические и биотехнические факторы эффективности лососеводства (на примере искусственного разведения тихоокеанских лососей на северном побережье Охотского моря): Автореф. дис... докт. биол. наук.— М.: ВНИИПРХ.— 47 с.
- Хоревина Н.Б. 1988. К оптимизации плотности посадки молоди кеты при подращивании на рыбоводных заводах // III Всесоюз. совещ. по лососевидным рыбам.— Тольятти.— С. 348–349.
- Wetherley A., Gill H. 1995. Growth // Pacific Salmon Life History. (ed. Groot c. & Margolis L.).— Vancouver: UBC Press.— P. 103–158.