

## **Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах**

## **Opportunities of disclosure of rainbow trout growth potency in RAS and open systems hatcheries**

Аспирант К.А. Молчанова, профессор Е.И. Хрусталеv, доцент Т.М. Курапова (Калининградский государственный технический университет») кафедра аквакультуры, тел. 8 (4012)-99-53-53  
E-mail: ksenia.elfimova@gmail.com

Graduate Student K.A. Molchanova, Professor E.I. Khrustalyev, Associate Professor T.M. Kurapova (Kaliningrad State Technical University) chair of Aquaculture, tel. 8(4012)-99-53-53  
E-mail: ksenia.elfimova@gmail.com

*Реферат.* Радужная форель, как любой представитель сообщества гидробионтов, являясь пойкилотермным животным, испытывает воздействие множества абиотических и биотических факторов. Среди биотических факторов основным признается режим кормления, который в аквакультуре следует рассматривать в разрезе применяемой системы нормирования. Нормирование кормления, как известно, включает комплекс элементов: состав рецептуры корма, суточная доза корма, кратность кормления, размер кормовых частиц, метод и способ кормления. Остальные биотические факторы, такие, как плотность посадки, половой и возрастной состав рыб, моно- и поликультура следует признать сопутствующими в процессе усвоения корма. Взаимодействие всех перечисленных факторов раскрывается в качественной и количественной сторонах двух основных по рыбохозяйственной значимости процессов: роста и созревания. Причем, как показала теория и практика аквакультуры, равновесного соотношения этих процессов по величине отвлекаемой энергии общего обмена в течение жизненного цикла рыб не отмечается. Анализируя или управляя процессом выращивания рыбы, необходимо опираться на основные теоретические положения, подтверждаемые практикой аквакультуры. Во-первых, на правило Вант-Гоффа-Аррениуса: каждое последующее повышение температуры воды на 10 °C в сторону оптимального для рыб диапазона сопровождается увеличением предельной скорости роста в 2-3 раза. Во-вторых, следует опираться на закон Ю. Либиха, который учитывает совокупное действие всех экологических факторов и проявляемое в величине экологического коэффициента роста – Кэ. Приведенные расчетные данные отражают ростовую потенцию радужной форели и могут закладываться при разработке технологической части проектов строительства рыбоводных хозяйств. Возможные отклонения в конечных результатах рыбоводного процесса непосредственно в период эксплуатации являються результатом отклонения в величине одного или нескольких частных экологических факторов.

*Summary.* Iridescent trout as any representative of community of hydrobionts, being a poikilothermy animal, is affected by a set of abiotic and biotic factors. Among biotic factors the basic the feeding mode which in an aquaculture should be considered by the applied system of regulation is recognized. Feeding regulation, as we know, includes a complex of elements: structure of a compounding of a forage, daily dose of a forage, frequency rate of feeding, size of fodder particles, method and method of feeding. Other biotic factors, such as landing density, a sex and age composition of fishes, mono - and polyculture it is necessary to recognize accompanying in the course of assimilation of a forage. Interaction of all listed factors reveals in the high-quality and quantitative parties of two the processes, main on the fishery importance: growth and maturing. And, as the theory showed and practice of an aquaculture, an equilibrium ratio of these processes in size of the distracted energy of general exchange during lifecycle of fishes isn't noted. Analyzing or managing process of cultivation of fish, it is necessary to rely on the basic theoretical provisions confirmed by practice of an aquaculture. First, on the rule of Vant-Goffa-Arrenius: each subsequent temperature increase of water on 10 °C towards the range, optimum for fishes, is followed by speed increase in limit of growth by 2-3 times. Secondly, it is necessary to rely on the law Yu. Libikh who considers cumulative action of all ecological factors and shown in the size of ecological coefficient of growth – Ke. The provided settlement data reflect a growth potentiality of an iridescent trout and can be pledged in case of development of a technological part of construction projects of fish-breeding farms. Possible deviations in resulting effects of fish-breeding process directly during operation are result of a deviation in the size of one or several private ecological factors.



*Ключевые слова:* радужная форель, УЗВ, кормление, коэффициент роста, коэффициент масонакопления, экологический фактор.

*Keywords:* rainbow trout, RAS, feeding, growth factor, weight factor of accumulation, an ecological factor.

Радужная форель, как любой представитель сообщества гидробионтов, являясь пойкилотермным животным, испытывает воздействие множества абиотических и биотических факторов. Среди основных принято учитывать (по классификации У. Хоара и соавторов, 1983) температуру воды как основной направляющий развитие организма фактор. Кислородный и соленостный режим рассматриваются как основные лимитирующие факторы. Все остальные абиотические факторы отнесены к сопутствующим. Среди биотических факторов основным признается режим кормления, который в аквакультуре следует рассматривать в разрезе применяемой системы нормирования. Нормирование кормления, как известно, включает комплекс элементов: состав рецептуры корма, суточная доза корма, кратность кормления, размер кормовых частиц, метод и способ кормления [1]. Остальные биотические факторы, такие, как плотность посадки, половой и возрастной состав рыб, моно- и поликультура, следует признать сопутствующими в процессе усвоения корма.

Взаимодействие всех перечисленных факторов раскрывается в качественной и количественной сторонах двух основных по рыбохозяйственной значимости процессов: роста и созревания. Причем, как показала теория и практика аквакультуры, равновесного соотношения этих процессов по величине отвлекаемой энергии общего обмена в течение жизненного цикла рыб не отмечается.

У ювенильных рыб наибольшее количество энергии общего обмена направляется на рост. У половозрелых рыб большая часть энергии направляется на рост только в период, когда отмечается протоплазматический рост половых клеток. При наступлении периода трофоплазматического роста половых клеток структура обмена перестраивается в направлении генеративного. Поэтому в практике рыбоводства для достижения ростового эффекта ориентируются на те периоды или циклы выращивания рыб, когда они представлены группами неполовозрелых рыб или же учитывается определенная часть периода посленерестового (межнерестового) нагула. Исследованиями установлено, что скорость роста неполовозрелых и половозрелых рыб может быть сопоставима по величине в отмеченные выше периоды.

Анализируя или управляя процессом выращивания рыбы, необходимо опираться на основные теоретические положения, подтверждаемые практикой аквакультуры. Во-первых, на правило Вант-Гоффа-Аррениуса: каждое последующее повышение температуры воды на 10 °С в сторону оптимального для рыб диапазона сопровождается увеличением предельной скорости роста в 2-3 раза [2]. К примеру, если мы признаем, что некоторый рост радужной форели проявляется при температуре 2-3 °С, то следует ожидать его увеличения в 2-3 раза, когда температура воды повысится до 12-13 °С. Учитывая, что оптимальная температура воды для форели 14-18 °С, последующее увеличение скорости роста может быть 1,2-2-кратным. Несмотря на то что в нормативной литературе зафиксировано, что зимовка форели в рыбоводных хозяйствах, где температура воды в зимний период опускается ниже 1 °С, сопровождается увеличением массы рыб на 30 %, следует учитывать, что этот прирост фактически приходится на переходные периоды понижения температуры воды ниже 5 °С осенью и повышение в сторону 5 °С весной. Именно при такой температуре проводятся, как правило, последняя осенняя и первая весенняя сортировки и контрольное взвешивание [2].

В тех же источниках указано, что если зимой температура воды 3-5 °С, то прирост за период должен составлять 100 %. Если скорость роста фиксируют при такой температуре, то следует ожидать, что увеличение ее в 2-3 раза придется на



период оптимальной температуры воды. Это может означать, что если при температуре воды 3–5 °С, отмечаемой в течение 4 мес, произошло удвоение массы форели, то в период оптимальной температуры удвоения или даже утроения массы рыб следует ожидать в течение 1,5–2 мес. Поэтому если в течение вегетационного сезона (от 5 °С весной до 5 °С осенью) продолжительностью, например, 6 мес. период с температурой 14–18 °С составит 4 мес., то можно рассчитывать на возрастание массы рыб минимум в 4 раза в самый благоприятный период. На осенние и весенние периоды с переходной температурой воды следует планировать также определенный прирост массы рыб. Но весной он будет по отношению к стартовой массе рыб, осенью к массе рыб, достигнутой к концу периода интенсивного роста. Тем не менее, можно приближенной величиной оценивать в данном примере скорость увеличения массы форели в 5–6 раз. Если обратиться к литературным, в том числе нормативным, источникам, то можно принять за близкую к достоверной указанную скорость роста: при посадке весной на выращивание в пруды, садки, бассейны годовиков форели массой 25–30 г масса товарной порционной форели составляет 125–150 г, при посадке весной на нагул годовиков форели массой 80–100 г к осени рыбы достигают средней массы 400–600 г [3]. При этом следует отметить, что на практике трудно выделить четкие границы периодов переходной и стабильной оптимальной температуры.

Во-вторых, следует опираться на закон Ю. Либиха, который учитывает совокупное действие всех экологических факторов и проявляется в величине экологического коэффициента роста –  $K_э$  [2]. Однако это действие надо рассматривать по двум позициям.

Первая позиция согласно закону Ю. Либиха рассматривается как способ абсолютного лимитирования. В этом случае общее продуктивное действие всех факторов определяется только одним, имеющим минимальное значение. Формулу экологического коэффициента роста следует рассматривать как произведение множества частных экологических коэффициентов:

$$K_э = K_T \cdot K_{O_2} \cdot K_{pH} \cdot K_{гидр} \cdot K_{корм} \cdot K_{биот} \cdot K_{н.ф},$$

где  $K_T$  – коэффициент, определяющий степень влияния температуры воды на рост;  $K_{O_2}$  – коэффициент, определяющий степень влияния концентрации кислорода в воде на рост;  $K_{pH}$  – коэффициент, определяющий степень влияния активной реакции среды на рост;  $K_{гидр}$  – коэффициент, определяющий степень влияния химических элементов на рост;  $K_{корм}$  – коэффициент, определяющий степень влияния кормления на рост;  $K_{биот}$  – коэффициент, определяющий степень влияния уровня биотехники на рост;  $K_{н.ф}$  – коэффициент, определяющий степень влияния неучтенных факторов на рост.

Тогда можно предположить, что при максимальной величине всех факторов, кроме одного, результат будет следующим:

$$K_э = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,7.$$

Так закон работает, если в качестве объекта рыба, а форель таковой является, прошедшая длительную domestикацию, селекционные достижения очевидны, технические параметры рыбоводных систем устоявшиеся, биотехника на стабильном уровне.

В том случае если указанные параметры нестабильны, тем более, если объект выращивания на первых этапах domestикации, то следует принимать другой способ, учитывающий совокупное действие лимитирующих факторов. Это вторая сторона закона Ю. Либиха. В этом случае величина экологического коэффициента роста рассчитывается путем перемножения всех частных коэффициентов.



Например,  $K_э = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 0,448$ . Если мы применим в этой формуле подход по первому способу, то величина  $K_э$  была бы 0,7.

Основываясь на вышеприведенном материале, можно прогнозировать рост рыб, анализировать результаты, устанавливать причины, определившие их.

Расчетным механизмом, позволяющим конкретизировать результаты и прогноз, является формула общепродукционного коэффициента массонакопления [2]. Базовый вид формулы:

$$K_m = K_r \cdot K_э, \quad (1)$$

где  $K_r$  - генетический коэффициент роста;  $K_э$  - экологический коэффициент роста.

Если подход к расчету величины  $K_э$  приведен ранее, то относительно величины  $K_r$  можно обратиться к источнику [2].

Для радужной форели в одних вариантах приводится значение (0,078), близкое к семге (0,074), в других фигурирует значение  $K_r$  для полупроходной формы радужной форели - стальноголового лосося, составляющее 0,102. Опираясь на данные еще одного источника, можно согласиться, что величина  $K_r$  для радужной форели в интервале 0,10-0,11 [4].

Таким образом, при величине  $K_r = 0,1$  и величине  $K_э = 1$  (идеальные условия для отселектированного материала) величина  $K_m = 0,1$ .

Далее, если воспользоваться расчетным вариантом формулы (2):

$$\hat{E}i = \frac{(\sqrt[3]{T \cdot e} - \sqrt[3]{T \cdot i}) \cdot 3}{\Delta}, \quad (2)$$

где  $K_m$  - общепродукционный коэффициент массонакопления;  $M_n$  и  $M_k$  - масса рыб начальная и конечная, г;  $T$  - период выращивания, сут.

Можно преобразовать ее в прогнозный вариант, представленный формулой (3):

$$M_k = \left( \frac{K_m \times T + 3^3 \overline{M_n}}{3} \right)^3, \quad (3)$$

Далее нами предлагается к рассмотрению матрица, учитывающая возможное действие каждого частного экологического фактора (табл. 1).

Таблица 1

**Возможные значения частных экологических факторов и экологического коэффициента роста, рассчитанного по способу абсолютного лимитирования**

Тип хозяйства	Район размещения	Показатели							$K_э$
		$K_r^*$	$K_{O_2}$	$K_{pH}$	$K_{гидр}$	$K_{корм}$	$K_{биот}$	$K_{н.ф}$	
Садковое бассейновое	Северо-Запад России	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,8	0,9	0,8
		0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
Садковое бассейновое	Центральные районы России, включая Калининградскую область	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0	0,8	0,8	0,7
		0,7	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7
Бассейновое	Северный Кавказ России	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
УЗВ	Водоисточники артезианской воды - в любом районе России	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9

Основываясь на данных табл. 1 и оперируя формулами (1) и (2), можно рассчитать прогнозируемую массу посадочного материала и товарной рыбы. В качестве исходного посадочного материала учитываем 1 г мальков, адаптационная система которых развита достаточно, чтобы адекватно реагировать на изменения в окружающей среде. Расчетные результаты представлены в табл. 2.



Таблица 2

**Ожидаемая средняя масса форели в разных тинах рыбоводных хозяйств, размещаемых на территории России, г**

Тип хозяйства	Район размещения	Сеголетки (ноябрь)	Годовики (март)	Двухлетки (ноябрь)	Двухгодовики (март)	Трехлетки (Ноябрь)
Садковое бассейновое	Северо-Запад России	125	160	840	1 090	2 900
		165	215	1 150	1 500	3 360
**Садковое бассейновое	Центральные районы России, включая Калининградскую область	110	140	740	950	2 550
		110	140	740	950	2 550
Бассейновое	Северный Кавказ России	550	1 140	*3 150	-	-
**УЗВ	Водоисточники артезианской воды – в любом районе России	550	1 140	*3 150		

\* - Кэ принимается 0,06 с учетом трат энергии на генеративный обмен

\*\* - подтверждены результатами наших исследований

Для районов Северо-Запада продолжительность периода с благоприятной для роста температурой воды составляет 150 сут, в центральной части России 165 сут, а на Северном Кавказе 240 сут, в рамках указанных в табл. 2 временных границ. Но при этом учитывается, что водоисточники, снабжающие хозяйства водой, имеют среднегодовую температуру воды около 14 °С. В УЗВ круглый год устанавливается благоприятный для роста температурный режим.

Приведенные расчетные данные отражают ростовую потенцию радужной форели и могут закладываться при разработке технологической части проектов строительства рыбоводных хозяйств. Возможные отклонения в конечных результатах рыбоводного процесса непосредственно в период эксплуатации являются результатом отклонения в величине одного или нескольких частных экологических факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хрусталеv, Е.И. Индустриальное рыбоводство [Текст]/ Е.И. Хрусталеv, К.Б. Хайновский.- Калининград: Изд-во КГТУ, 2006.- 340 с.
2. Купинский, С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры [Текст]/ С.Б. Купинский.- Астрахань: ДФ АГТУ, 2007. – 133 с.
3. Особенности роста и выживаемости радужной форели в условиях аномально теплого лета [Текст]/ Е.И. Хрусталеv, Н.Г. Батухтина, С.С. Плиев, С.А. Василевская // Матер. докл. Междунар. симпоз. «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата».- Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. - С. 147-149.
4. Land Based Aquaculture 2009, AKVAgroup – 91 p.

#### REFERECES

1. Khrustalev E.I. Industrial'noe rybovodstvo [ Industrial fish farming], Kaliningrad: KSTU Publishing House, 2006, 340 pp. (Russian).
2. Kupinskiy S.B. Produkcionnye vozmozhnosti ob#ektov akvakul'tury [Production external opportunities in aquaculture], Astrakhan ASTU DF, 2007, 133 p. (Russian).
3. Khrustalev E.I., Batukhtina N.G., Pliев S.S., Wasilewskay S.A. Osobennosti rosta i vyzhivaemosti raduzhnoj foreli v uslovijah anomal'no teplogo leta [Features of growth and survival of rainbow trout in the conditions of abnormally warm summer] Mater. dokl. Mezhdunar. simpoz. «Teplovodnaja akvakul'tura i biologicheskaja produktivnost' vodoe-mov aridnogo klimata», 2007, pp. 147-149 (Russian).
4. Land Based Aquaculture 2009, AKVAgroup - 91 p