

РОСТ И ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*PARASALMO MYKISS, WALBAUM*)
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА КОРМА

С.С. САФОНОВА, В.П. ПАНОВ, И.В. БАЙДАРОВ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В период раннего постнатального онтогенеза молодь радужной форели претерпевает ряд морфологических и физиологических изменений, проходя различные стадии формирования систем организма и поведенческих особенностей. Важнейшим фактором, оказывающим влияние на эти процессы, является питание рыб. В статье приведены данные об экстерьерных показателях, морфометрических и этологических особенностях молоди радужной форели, получавшей заводской стартовый комбикорм и замороженные корма. В работе использовались методы сплошного протоколирования и учета поведенческих реакций рыб, а также морфометрические методы анализа роста молоди. Выявлено, что комбикорм оказал лучшее влияние на развитие исследуемой молоди радужной форели по сравнению с замороженным кормом несмотря на то, что питаться последней рыбы начали раньше.

Ключевые слова: радужная форель, ранний онтогенез, морфометрическая характеристика, экстерьерные особенности.

Введение

Ранний онтогенез многих видов рыб сопровождается большим количеством сложных последовательных морфофункциональных изменений в организме. Существует несколько стадий раннего постнатального онтогенеза. Основными являются предличиночный, личиночный и мальковый этапы [5]. На протяжении каждого из этих периодов организм молоди претерпевает ряд существенных морфофункциональных изменений: формируются внутренние органы, плавники, сенсорные системы. Поэтому рыба становится очень чувствительной к различным биотическим и абиотическим факторам, которые могут оказывать влияние на длительность прохождения стадий развития, количество возникающих уродств и выживаемость молоди.

В качестве одного из критических периодов можно выделить процесс перехода свободных эмбрионов вначале на смешанное, затем – на полностью экзогенное питание. Степень подготовленности рыб к данному событию определяется многими факторами: развитостью скелетной мускулатуры, желудочно-кишечного тракта, плавников и других структур организма, в том числе нервной системы [6–8]. Все эти факторы обуславливают также характер поведения рыб, которое в последнее время активно исследуется в России, Америке, Канаде и других странах [10]. На развитие молоди значительное влияние оказывает корм. Он не только играет роль источника питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности и роста, но также имеет этологическое значение. Поскольку в момент перехода на смешанное питание

сенсорные системы рыб сформированы неполностью, различные корма могут как стимулировать, так и несколько затормаживать формирование пищевого поведения.

В естественных условиях обитания, в зависимости от географического расположения водоема, кормовую базу молоди лососевых рыб составляет большое разнообразие планктонных, нейстонных организмов, зообентоса [4]. При заводском выращивании чаще всего применяются промышленные корма, а также различные вариации приготавливаемых хозяйствами кормовых смесей на основе продуктов животного происхождения [1]. Значительное количество научных работ, связанных с оценкой морфологических и физиологических показателей, а также экстерьерных особенностей радужной форели, посвящено взрослым особям [2, 3]. Подобных данных, касающихся раннего онтогенеза лососевых рыб, сравнительно немного.

Цель исследований: оценка этологических особенностей и процессов роста радужной форели в период раннего постнатального онтогенеза при использовании сухого стартового комбикорма и замороженных кормов.

Материал и методы исследований

Исследования проводились с июля по октябрь 2022 г. на базе Межкафедрального научного центра биологии и животноводства (аквариальной лаборатории) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектом исследований являлась молодь радужной форели (*Parasalmo mykiss*) на ранних этапах постнатального онтогенеза. Оплодотворенная икра форели была получена из ООО СПК «Вадский» Нижегородской области.

Молодь форели содержалась в емкостях установки замкнутого цикла водообмена (УЗВ). Установка снабжена механической и биологической фильтрацией, охлаждением и ультрафиолетовым обеззараживанием воды, аэрацией и озонированием. Температура воды при доинкубации икры составляла +6°C, увеличиваясь по мере развития рыб до +13-+15°C. Содержание растворенного в воде кислорода поддерживалось в пределах 7,0–10,0 мг/л.

В ходе исследований было сформировано 2 группы, в трех повторностях каждая. Рыбы из каждой группы после начала смешанного питания получали определенный вид корма (одна группа потребляла заводской стартовый комбикорм Gouessant T-Salmo, другая – замороженный корм: дафнию (*Daphnia magna*), циклоп (*Cyclopidae*), артемию (*Artemia salina*). Питательность используемых в опыте кормов приведена в таблице 1.

Кормление молоди осуществлялось «вволю», то есть корм подавался в емкости до тех пор, пока рыбы активно его поедали. На каждую емкость, таким образом, приходилось около 1–2 г корма за одно кормление в первый месяц опыта и 3–4 г – во второй месяц (как сухого, так и замороженного корма). Кратность кормления составляла 5–6 раз в сутки. Замороженные корма вводились в рацион рыб в соответствии с размером их частиц (в первые 2 недели опыта давали только циклоп, затем – циклоп в сочетании с дафнией, а в течение второго месяца эксперимента молодь получала смесь из всех трех видов замороженного корма в равных пропорциях). Предварительно замороженные брикеты растворяли в воде той же температуры, что и в емкостях.

Оценка поведенческих особенностей рыб для определения характера изменений этологических паттернов проводилась с использованием методов сплошного протоколирования и наблюдения [9]. Наблюдения производились в течение всего дня, протоколирование осуществлялось в одно и то же время в утренние и дневные часы с применением видеосъемки. В дальнейшем анализировался полученный материал с подсчетом времени, суммарно затраченного рыбами на каждый из разновидностей поведенческих паттернов.

Промеры тела рыб осуществлялись по общепринятой схеме (рис. 1).

Химический состав кормов, % от сухого вещества*

Показатель	Комбикорм	Циклоп	Дафния	Артемия
Протеин	58,0	66,7	46,0	38,6
Жир	13,0	14,0	18,0	24,7
Углеводы	10,5	8,8	18,0	17,9
Зола	10,0	10,5	18,0	18,8

*Информация, указанная на упаковке производителя.

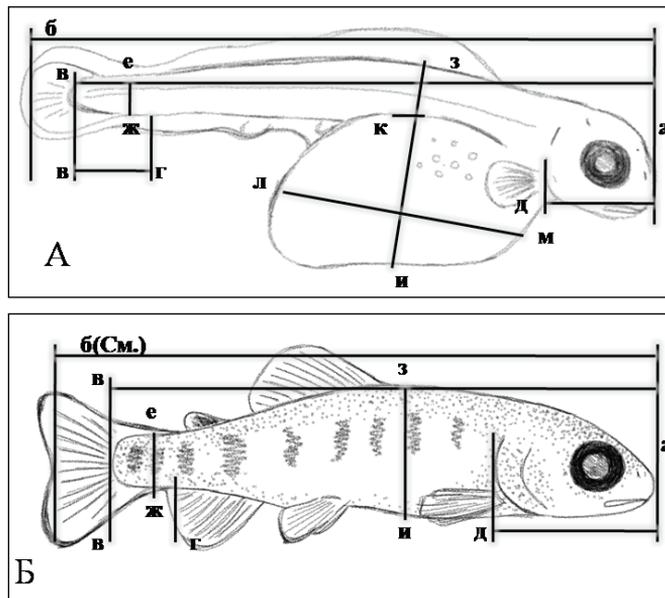


Рис. 1. Схема промеров тела рыб с желточным мешком (А) и без него (Б): а-б – большая (стандартная) длина тела; а-б, см, – длина тела по Смитту; а-в – малая длина тела; а-д – длина головы; в-г – длина хвостового стебля; е-ж – высота хвостового стебля; з-и – наибольшая высота тела; и-к – малый диаметр желточного мешка; л-м – большой диаметр желточного мешка

Взвешивание образцов производилось поштучно с использованием аналитических электронных весов Sartorius с точностью до 0,1 мг. Расчетным путем определяли объем желточного мешка, используя формулу для объема сфероида:

$$V_y = \pi/6 \times D_1 \times D_2^2,$$

где D_1 – большой диаметр; D_2 – малый диаметр.

Полученный материал обработан статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel. Рассчитывались такие показатели, как среднее абсолютное значение со стандартной ошибкой средней ($M \pm m$), коэффициент вариации C_v , %. Достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$ (по Пирсону).

Результаты и их обсуждение

Экстерьерные показатели рыб. Икринки радужной форели на стадии «глазка» (за 3–5 дней до выклева) имели желто-оранжевый цвет, среднюю массу $57,7 \pm 0,25$ мг и средний диаметр $5,0 \pm 0,03$ мм ($n = 7$). Под оболочкой икринки отчетливо виден эмбрион, обернутый вокруг желточного мешка. Ярко выделяются крупные глаза черного цвета, видны также жировые капли в желточном мешке (рис. 2А). Сразу после выклева предличинки имели крупный желточный мешок шарообразной формы желто-оранжевого цвета. Голова у них была опущена и прижата к желточному мешку. Тело предличинок – практически прозрачное (рис. 2Б).

Спустя 5 сут. после выклева тело предличинок стало более выпрямленным. Желточный мешок приобрел эллипсоидную форму, пигментация головы усилилась (рис. 3А). В возрасте 10 сут. у предличинок наблюдалась более интенсивная пигментация туловища и головы, особенно ее верхней части (рис. 3Б). К 15 суткам молодь форели обладала серым цветом тела, а желточный мешок приобрел бледно-желтый оттенок. В этот период также интенсивно происходила дифференцировка плавниковой каймы: у особей были хорошо различимы, помимо хвостового, спинной, анальный, брюшные плавники, а также зачаток жирового плавника (рис. 3В).



Рис. 2. Внешний вид икринки на стадии «глазка» (А) и предличинки в первые сутки после выклева (Б)

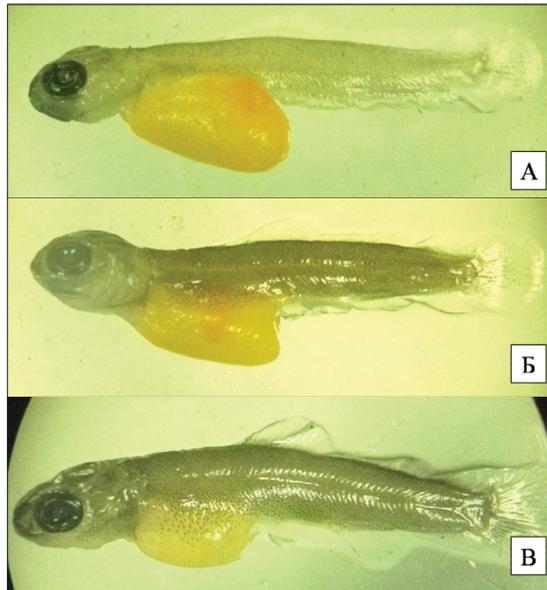


Рис. 3. Внешний вид предличинок форели до начала кормления в возрасте 6 (А), 10 (Б) и 15 сут. (В)

В течение первых двух недель после начала кормления (возраст 20–29 сут.) рыбы из обеих групп выглядели одинаково. К месячному возрасту у молоди наблюдалась пигментация основания спинного плавника, желточный мешок значительно уменьшился в объеме, по бокам туловища наметились темные вертикальные полосы (рис. 4А1, 2; Б1, 2).

В возрасте 34 и 41 сут. отмечалась заметная разница в упитанности рыб из двух групп. У молоди, питавшейся комбикормом, туловище было более толстым и широким, в то время как пропорции тела рыб из другой группы не изменились (рис. 4А3, 4; Б3, 4). В 2-месячном возрасте, помимо упитанности, различия между группами стали заметны и в окраске тела. У форели, получавшей комбикорм, по бокам имелись яркие вертикальные темные полосы, более интенсивно пигментировалась голова. Рыбы, получавшие замороженный корм, имели блеклую окраску, однако их пропорции также начали изменяться в сторону увеличения толщины туловища (рис. 4А5, Б5).

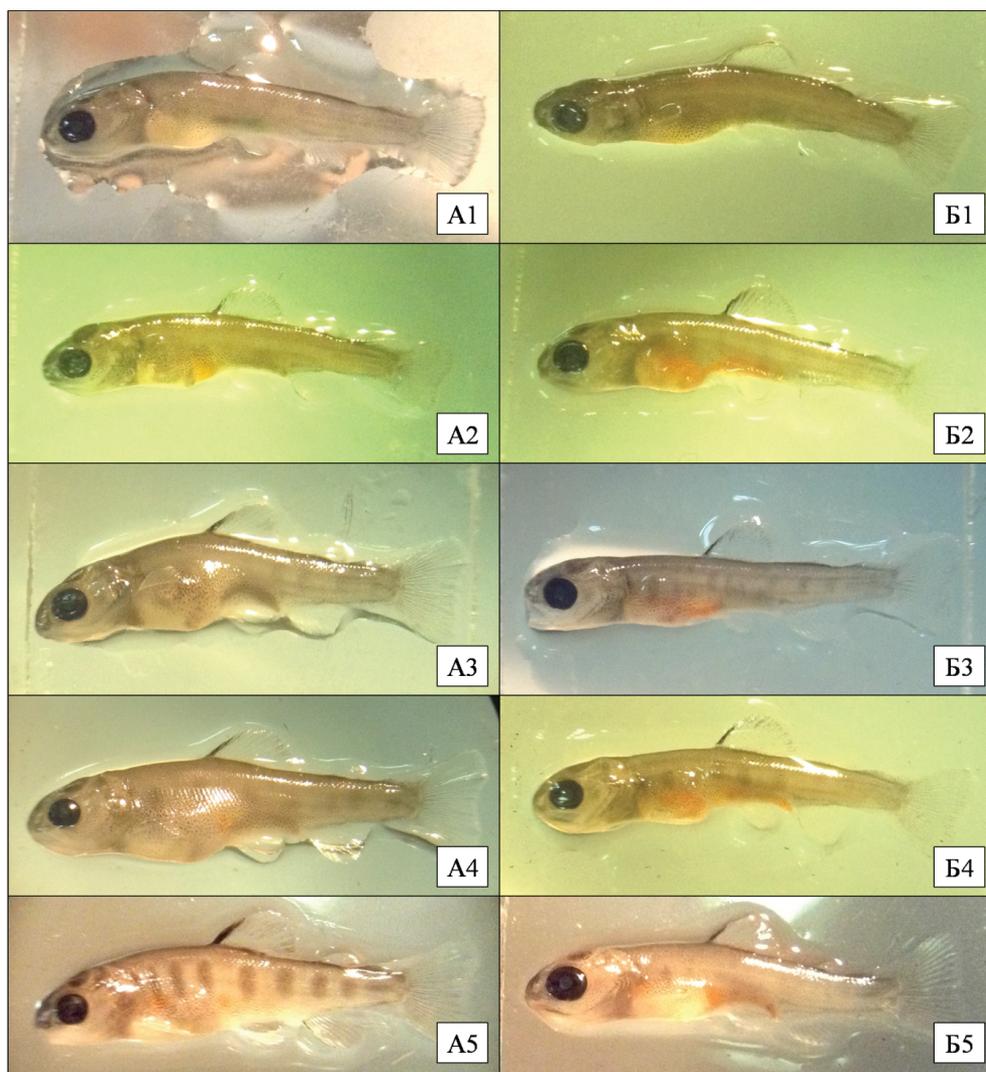


Рис. 4. Внешний вид молоди радужной форели, питавшейся комбикормом (А) и замороженным кормом (Б): 1 – возраст 20 сут.; 2–29 сут.; 3–34 сут.; 4–41 сут.; 5–60 сут.

Стоит также отметить разницу в выживаемости рыб из двух исследуемых групп. В первый месяц после начала кормления отход особей в группе, питающейся комбикормом, был выше, однако к моменту завершения опыта, напротив, более высокая доля погибших рыб наблюдалась в группе, получавшей замороженный корм (12,5%). Для форели, питавшейся комбикормом, данный показатель составил 7,5%.

Морфометрические особенности рыб. В течение первых двух недель после выклева (до начала смешанного питания) масса и длина тела рыб увеличились на 40,7 и 50,4% соответственно (табл. 2). Объем желточного мешка за это время значительно уменьшился (практически в 4 раза).

В возрасте 20 сут. рыбы, которых начали кормить замороженным кормом, уже превосходили по массе и длине другую группу (на 17,6 и 3,8% соответственно). Желточный мешок у них имел меньший объем, что говорит о более высокой скорости его резорбции. Однако спустя 4 дня достоверных различий между массами тела рыб двух групп уже не было, а длина особей, потреблявших комбикорм, незначительно превосходила таковую у второй группы. Объем желточного мешка оказался схожим у обеих групп (табл. 3).

В месячном возрасте масса рыб из двух исследуемых групп также не различалась, но длина особей, получавших замороженный корм, была больше на 5,2%. Объем желточного мешка оставался схожим. В возрасте 34 сут. наблюдался существенный скачок массы тела рыб, потреблявших комбикорм. За 5 дней она возросла в 2 раза и на столько же отличалась от массы рыб, которых кормили замороженной пищей. При этом длина тела у последних оказалась меньше на 8,2%. Объем желточного мешка у особей, получавших комбикорм, оказался в 1,5 раза меньше по сравнению с рыбами другой группы.

Таблица 2

Морфометрические показатели предличинки радужной форели (n = 15)

Признак	Возраст рыб, сут.									
	1		6		10		15		в среднем	
	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %
Масса, мг	55,5±2,38 35,8–67,8	16,6	68,7±2,82* 50,8–81,6	15,9	63,4±1,65* 55,7–76,3	10,1	78,1±1,82* 68,9–90,2	9,0	66,4±1,54 35,8–90,2	17,9
L	12,5±0,14 11,3–13,2	4,5	16,6±0,24* 15,0–18,0	5,5	17,9±0,06* 17,6–18,3	1,2	18,8±0,06* 18,3–19,2	1,3	16,5±0,32 11,3–19,2	15,2
V ж.м., мм ³	31,3±1,12 23,9–38,3	13,8	26,1±1,13* 19,2–33,4	16,8	11,1±0,44* 8,4–14,1	15,3	8,2±0,15* 7,3–9,4	7,0	19,2±1,33 7,3–38,3	53,6

Примечание. L – длина тела; V ж.м. – объем желточного мешка.

*Разность между сутками после выклева и другими возрастными группами достоверна при P ≤ 0,05.

**Морфометрические показатели личинок радужной форели
с желточным мешком (n = 15)**

Признак	Возраст рыб, сут.									
	20		24		29		34		в среднем	
	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %
комбикорм										
Масса, мг	74,0±1,75 66,0–84,9	9,1	76,6±3,02 64,4–97,0	15,3	81,6±1,60 74,4–92,0	7,6	159,9±3,73 135,3–177,9	9,0	98,0±4,82 64,4–177,9	38,1
L по Смитту, мм	20,2±0,20 18,9–21,7	3,8	21,1±0,24 20,0–22,3	4,4	21,3±0,23 20,0–22,3	4,3	23,7±0,08 23,0–24,1	1,3	21,6±0,19 18,9–24,1	7,0
V ж.м., мм ³	3,2±0,24 1,5–4,5	29,2	2,7±0,27 1,0–4,5	39,4	1,9±0,15 0,9–2,7	30,6	1,6±0,15 0,8–2,5	35,0	2,3±0,13 0,8–4,5	43,4
замороженный корм										
Масса, мг	89,7±2,48* 70,2–100,2	10,5	69,4±2,71 58,4–95,0	15,1	79,9±2,09 68,5–92,4	10,1	87,4±1,61* 78,5–100,5	7,1	81,6±1,52 58,4–100,5	14,4
L по Смитту, мм	21,0±0,11* 20,3–21,6	2,0	20,0±0,13* 19,0–21,0	2,5	22,4±0,11* 21,6–22,9	1,8	21,9±0,12* 21,0–22,5	2,1	21,3±0,13 19,0–22,9	4,8
V ж.м., мм ³	2,5±0,15* 1,8–3,8	23,9	2,2±0,11 1,6–3,0	19,5	2,3±0,16 1,6–3,9	26,9	2,3±0,17* 1,3–3,7	29,4	2,9±0,14 1,6–6,5	37,6

Примечание. L – длина тела по Смитту; V ж.м. – объем желточного мешка.

*Разность между группами достоверна при $P \leq 0,05$.

В возрасте 41 сут., когда у всех рыб резорбировался желточный мешок, длина тела особей в обеих исследуемых группах являлась схожей, но по массе форель, получавшая комбикорм, превосходила молодь, питавшуюся замороженным кормом, в 3 раза (табл. 4). Спустя 9 дней различия отмечались и в длине тела, которая у рыб, получавших комбикорм, была больше на 27%. Масса тела этих рыб в данный период также в 3 раза превышала таковую у другой группы.

К 2-месячному возрасту форель, потреблявшая комбикорм, практически в 4 раза превосходила по массе тела рыб, питавшихся замороженным кормом. Длина тела последних отставала на 55,3%.

Таким образом, можно отметить, что у рыб, потреблявших замороженный корм, начиная с возраста около 30–34 сут., наблюдалось некоторое отставание в изменениях внешнего вида, характерных для ранних этапов онтогенеза радужной форели, по сравнению с группой, питавшейся комбикормом. Данное отставание можно оценить примерно в 15–20 сут., что для молоди рыб является достаточно существенным.

**Морфометрические показатели личинок радужной форели
без желточного мешка (n = 15)**

Признак	Возраст рыб, сут.							
	41		50		60		в среднем	
	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %	M±m min-max	Cv, %
комбикорм								
Масса, мг	231,6±8,32 196,0–280,7	13,9	282,4±8,49 216,6–341,6	11,6	551,9±19,84 418,0–700,4	13,9	355,3±22,32 196,0–700,4	42,1
L по Смитту, мм	22,6±0,25 25,0–28,0	3,7	28,7±0,35 27,0–30,5	4,7	35,4±0,37 32,0–37,0	4,0	30,3±0,59 25,0–37,0	13,1
замороженный корм								
Масса, мг	78,2±1,01* 73,6–87,3	5,0	97,0±1,20* 88,7–107,4	4,8	147,1±2,16* 134,0–162,5	5,7	107,4±4,42 73,6–162,5	27,6
L по Смитту, мм	22,3±0,09 21,7–22,8	1,6	22,6±0,10* 21,9–23,0	1,6	22,8±0,17* 21,1–23,2	2,8	22,6±0,08 21,1–23,2	2,3

Примечание. L – длина тела по Смитту.

*Разность между группами достоверна при $P \leq 0,05$.

Этологические особенности рыб. Только что выклюнувшиеся предличинки лежали на дне инкубационного лотка практически неподвижно, на боку. Время от времени они совершали быстрые перемещения (на 5–7 см) в прямом направлении за счет интенсивных колебательных движений туловища. По окончании перемещения предличинки зарывались под других особей; на внешние раздражители реагировали активными движениями туловища. По окончании массового выклева общая двигательная активность рыб снизилась. Практически не наблюдались перемещения особей – они лежали на боку или на желточном мешке, периодически совершая быстрые колебательные движения всем туловищем. Вероятно, снижение активности связано с привыканием рыб к новым условиям окружающей среды и манипуляциям с ними в процессе ухода. Также активность рыб снизилась после удаления из лотка пустых оболочек икринок, которые затрудняли предличинкам дыхание.

Спустя неделю после выклева многие особи пытались принять нормальное положение тела, опираясь на желточный мешок. При этом они из положения лежа на боку начинали совершать интенсивные колебания хвостом, приподниматься, некоторое время сохраняли прямое положение, опираясь на желточный мешок, через несколько секунд вновь ложились на бок. Общей неподвижности, как в первые дни после выклева, уже не было. Рыбы часто совершали короткие перемещения, отталкиваясь хвостом от дна. Все особи активно двигались, но часто делали передышки, ложась на дно, а затем снова начиная движение (табл. 5).

На 10-е сутки после выклева предличинки были пересажены из инкубационных лотков в емкости, где проводилось их дальнейшее выращивание. Через некоторое время после пересадки наблюдалось роение, единичные особи совершали короткие и длинные «броски» вперед и вверх, делали «свечки». До поверхности воды рыбы еще не поднимались, максимальная высота от дна, на которую они способны подняться, составляла 10–15 см.

В течение следующих 7 дней продолжалось интенсивное роение. Рыбы располагались в углах аквариума, лежа на дне в форме небольших концентрических кругов. Особи делали «свечки» и пытались держаться против течения воды около дна. Начиналось постепенное поднятие на плав. На корм рыбы пока что не реагировали.

В возрасте 17 сут. с момента выклева рыбы, находившиеся в группе, получающей замороженный корм, начали реагировать на корм. Они делали небольшие рывки (с расстояния до корма около 5–6 см), находясь на небольшом расстоянии от дна. Особи реагировали на корм, находящийся как на поверхности воды, так и в ее толще. В то же время молодь, получавшая комбикорм, реагировала на него слабо. Находясь на дне, рыбы захватывали гранулы, но затем, как правило, выплевывали их, в толще воды на корм не реагировали. Последующая неделя характеризовалась изменениями характера распределения рыб в емкостях. Особи, питавшиеся замороженным кормом, сразу после поднятия на плав в основном располагались в толще воды, незначительное количество рыб – у поверхности и на дне. При этом особи потребляли корм очень активно, особенно с поверхности и из толщи воды. Форель из другой группы вначале массово находилась у дна емкости и потребляла корм только тогда, когда он опускался вниз. Однако к 24 суткам распределение рыб в обеих группах стало схожим.

Спустя месяц после выклева пищедобывающая активность молоди заметно возросла. Рыбы пытались захватывать не только корм, но и мелкие частицы, фекалии, которые сразу выплевывали. Взаимодействия между особями пока почти не наблюдались, все рыбы плавали по отдельности, не задевая друг друга. При кормлении (крайне редко) замечались попытки отобрать корм у другой особи, но они моментально прекращались – рыба переключалась на другой кусок корма.

В возрасте 41 сут. в группе, получающей комбикорм, было отмечено активное взаимодействие особей: попытки схватить, территориальное поведение (одна рыба прогоняет другую из области, в которой находится). Также заметна реакция рыб, находящихся в одной емкости, на особей из соседней. Они слегка ударялись о стекло, пытаясь подплыть к другим рыбам. В это время взаимодействие особей второй группы (питающейся замороженным кормом) не наблюдалось (табл. 5).

Спустя еще 10 сут. в группе, потреблявшей заводской комбикорм, наблюдалось агрессивное взаимодействие особей: рыбы хватали друг друга за хвост, было заметно проявление конкуренции за пространство и пищу. В другой группе взаимодействие особей было выражено весьма слабо и в основном касалось пищевого поведения. При попытке отобрать корм у соседней особи рыба сразу отвлекалась на другие кусочки, теряя интерес к взаимодействию. Агрессия между рыбами во второй группе не отмечалась.

В возрасте 56 сут. рыбы из группы, получавшей комбикорм, вели себя очень активно. По мере роста в их поведении увеличивалась доля актов агрессии по отношению к другим особям. При этом молодь спокойно реагировала на манипуляции, связанные с уходом за ней, и подплывала к внешней стенке емкости во время кормления. Форель, потреблявшая замороженный корм, не демонстрировала активных взаимодействий и какой-либо агрессии, ее поведенческая активность в целом была более низкой по сравнению с другой группой.

**Средняя продолжительность различных типов локомоций,
% от общего времени наблюдения* (n = 25)**

Тип движений	Возраст рыб, сут.										
	1–3	6	10	15	20	24	29	34	41	50	56
Медленные волнообразные движения туловищем	15,2	37,3	47,6	13,6	-	-	-	-	-	-	-
Отдых	73,4	29,0	43,5	9,6	$\frac{48,4}{11,3}$	$\frac{21,7}{15,8}$	$\frac{15,2}{16,0}$	$\frac{11,8}{19,7}$	$\frac{14,6}{20,2}$	$\frac{15,2}{21,7}$	$\frac{16,7}{19,8}$
Короткие «броски»	11,4	32,0	4,5	11,3	-	-	-	-	-	-	-
Длинные «броски»	-	-	2,3	15,2	$\frac{7,2}{-}$	-	-	-	-	-	-
«Свечки»	-	1,7	2,1	47,2	-	-	-	-	-	-	-
Поддерживающие локомоции	-	-	-	3,1	$\frac{9,1}{22,6}$	$\frac{17,7}{24,1}$	$\frac{9,7}{14,4}$	$\frac{10,5}{14,0}$	$\frac{15,3}{16,9}$	$\frac{9,7}{15,4}$	$\frac{6,2}{19,5}$
Плавание	-	-	-	-	$\frac{7,4}{12,8}$	$\frac{11,0}{14,2}$	$\frac{15,6}{18,5}$	$\frac{16,4}{15,1}$	$\frac{15,1}{24,0}$	$\frac{20,2}{22,1}$	$\frac{31,6}{24,0}$
Рывки	-	-	-	-	$\frac{19,6}{17,1}$	$\frac{28,2}{18,8}$	$\frac{24,4}{11,7}$	$\frac{24,5}{20,0}$	$\frac{34,2}{28,6}$	$\frac{30,5}{24,9}$	$\frac{15,0}{21,8}$
Локомоции пищевого поведения	-	-	-	-	$\frac{8,3}{36,2}$	$\frac{21,4}{27,1}$	$\frac{35,1}{39,4}$	$\frac{36,8}{31,2}$	$\frac{18,2}{10,3}$	$\frac{8,0}{12,0}$	$\frac{12,4}{7,6}$
Локомоции, связанные с взаимодействием особей	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{2,6}{-}$	$\frac{16,4}{3,9}$	$\frac{18,1}{7,3}$

*Над чертой – группа, питающаяся комбикормом, под чертой – замороженным кормом.

Выводы

В ходе исследований были выявлены различия в поведении молоди радужной форели, потреблявшей разные корма. Молодь, получавшая замороженный корм, на 5–6 дней раньше начала на него реагировать по сравнению с группой рыб, которую кормили комбикормом, то есть быстрее перешла на смешанное питание. При этом и активность реакции на корм у этих рыб была выше.

Форель, потреблявшая замороженный корм, была равномерно распределена по всему объему воды в емкостях, в то время как рыбы, питавшиеся комбикормом, массово располагались на дне и захватывали корм только после его опускания. Лишь к 24 суткам после выклева последние также стали занимать весь объем емкости равномерно.

В ходе дальнейшего развития группа, потреблявшая комбикорм, демонстрировала значительно более высокую активность по сравнению со второй группой.

Особенно явно это выразилось во взаимодействии особей, которые у группы, питавшейся замороженным кормом, обнаружили существенно позднее и были выражены достаточно слабо.

После начала кормления рыбы, питавшиеся замороженным кормом, набрали массу быстрее, что, вероятно, связано с высоким пищевым интересом, который рыбы из другой группы изначально к комбикорму не проявляли. В течение последующих 10 сут. рост особей в обеих группах происходил практически параллельно, их масса была схожей, а длина различалась незначительно. Однако в возрасте 34 сут. наблюдалось существенное опережение по массе и длине тела у рыб, получавших комбикорм. Желточный мешок у них также резорбировался быстрее.

За весь период наблюдений (с момента начала кормления) масса и длина тела рыб, питавшихся комбикормом, увеличились в 7 и 2 раза соответственно, а у рыб, которых кормили замороженной пищей, данные показатели выросли лишь в 2 и 1,2 раза соответственно.

Таким образом, можно отметить, что заводской стартовый комбикорм оказал лучшее влияние на развитие исследуемой молоди радужной форели по сравнению с замороженным кормом несмотря на то, что питаться последним рыбы начали раньше.

Библиографический список

1. Гринберг Е.В., Литвиненко А.В. О подъеме на плав и переводе на внешнее питание личинок кеты (*Oncorhynchus keta*) в условиях лососевых рыболовных заводов Сахалинской области // Материалы VII Международного Балтийского морского форума. – 2019. – С. 10–18.
2. Есавкин Ю.И., Грикшиас С.А., Золотова А.В. Экстерьерно-морфологические профили потомства разных форм форели и их продуктивность // Аграрная наука. – 2017. – № 2. – С. 23–25.
3. Золотова А.В. Морфофизиологические особенности двух форм радужной форели при выращивании в условиях тепловодного садкового хозяйства: Автореф. ... канд. биол. наук. – М., 2009. – 148 с.
4. Карпенко В.И., Погорелова Д.П. Кормовая база и питание молоди некоторых рыб в низовье р. Коль // Исследования водных биоресурсов Камчатки Северо-Западной части Тихого океана. – 2016. – Вып. 43. – С. 24–40.
5. Павлов Д.А. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб: монография. – М.: Геос, 2007. – 264 с.
6. Панов В.П., Фалий С.С., Байдаров И.В., Есавкин Ю.И., Золотова А.В. Морфогенез структур тела ручьевой форели (*Salmo trutta morpha fario*) и американского гольца (*Salvelinus fontinalis*) на ранних стадиях постнатального развития // Известия ТСХА. – 2020. – Вып. 1. – С. 61–73.
7. Панов В.П., Сафонова С.С., Байдаров И.В. Этологические особенности при формировании аппарата движения костистых рыб (на примере Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*)) // Известия РАН. Серия биологическая. – 2022. – № 5. – С. 495–508.
8. Пономарева Е.Н. Особенности развития пищеварительной системы лососевидных рыб в раннем онтогенезе // Вестник АГТУ. – 2005. – № 3 (26). – С. 133–137.
9. Попов С.В., Ильченко О.Г. Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе. – М., 1990. – 40 с.
10. Яржомбек А.А. Поведение лососевых рыб (*Salmoninae*) // Вопросы рыболовства. – 2013. – Т. 14, № 3 (55). – С. 387–405.

GROWTH AND ETHOLOGICAL FEATURES
OF JUVENILE RAINBOW TROUT (*PARASALMO MYKISS*, WALBAUM)
DEPENDING ON THE TYPE OF FEED

S.S. SAFONOVA, V.P. PANOV, I.V. BAYDAROV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

During early postnatal ontogenesis, juvenile rainbow trout undergo a number of morphological and physiological changes, passing through various stages of development of body systems and behavioural traits. The most important factor influencing these processes is the fish diet. The present study provides data on external indicators, morphometric and ethological characteristics of juvenile rainbow trout fed with factory starter and frozen feeds. Methods of continuous logging and recording of fish behavioural responses and morphometric methods to analyse juvenile growth were used. It was found that the compound feed had a better effect on the development of the juvenile rainbow trout studied than the frozen feed, despite the fact that the fish started eating the frozen feed earlier.

Keywords: rainbow trout, early ontogenesis, morphometric characteristics, exterior features.

References

1. Grinberg E.V., Litvinenko A.V. On lifting chum salmon (*Oncorhynchus keta*) larvae afloat and transferring them to external feeding in salmon hatcheries in the Sakhalin Region. *VII Mezhdunarodniy Baltiyskiy morskoy forum. October 07–12, 2019*. Kaliningrad, Russia: Kaliningrad State Technical University, 2019;3:10–18. (In Russ.)
2. Esavkin Yu.I., Grikshas S.A., Zolotova A.V. Exterior-morphological profiles of offspring of trout different forms and productivity. *Agrarian Science*. 2017;(2):23–25. (In Russ.)
3. Zolotova A.V. Morpho-physiological characteristics of two forms of rainbow trout when reared in warm-water cage farming conditions. CSc (bio) thesis: 03.00.12. Moscow, Russia, 2009:148. (In Russ.)
4. Karpenko V.I., Pogorelova D.P. The forage base and the juvenile feeding by some fish species in the lower part of kol'. *The researches of the aquatic biological resources of kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*. 2016;43:24–40. (In Russ.)
5. Pavlov D.A. *Morphological variability in the early ontogeny of bony fishes*. Moscow, Russia: GEOS; 2007:264. (In Russ.)
6. Panov V.P., Faliy S.S., Baydarov I.V., Yesavkin Yu.I., Zolotova A.V. Morphogenesis of the body structures of brown trout (*Salmo trutta morpha fario*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) at the early stages of postnatal development. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2020;(1):61–75. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-61-75>
7. Panov V.P., Safonova S.S., Baidarov I.V. Ethological features of the ontogenesis of the locomotor system in bony fish (by the example of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*). *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2022;5:495–508. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S1026347022040114>
8. Ponomareva E.N. Development features of the digestive system of salmonid fish during early ontogenesis. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2005;3(26):133–137. (In Russ.)
9. Popov S.V., Il'chenko O.G. *Methodological recommendations on ethological observations of mammals in captivity*. Moscow, Russia: 1990:40. (In Russ.)
10. Yarzhombek A.A. Behaviour of salmonid fishesw (*Salmoninae*). *Questions of Fisheries*. 2013;14(3(55)):387–405. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сафонова Станислава Сергеевна, ассистент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: Sfalij@yandex.ru; тел.: (909) 622–62–09

Панов Валерий Петрович, профессор, д-р биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: panovval@gmail.com; тел.: (916) 818–18–91

Байдаров Илья Васильевич, сотрудник Межкафедрального научного центра биологии и животноводства (аквариальной лаборатории), Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: paajarviru@gmail.com; тел.: (916) 835–88–32

Information about the authors

Stanislava S. Safonova, Assistant at the Department of Morphology and Veterinary and Sanitary Examination, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (909) 622–62–09; e-mail: Sfalij@yandex.ru)

Valeriy P. Panov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Morphology and Veterinary and Sanitary Examination, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (916) 818–18–91; e-mail: panovval@gmail.com)

Ilya V. Baydarov, Employee of the Interdepartmental Scientific Center for Biology and Animal Husbandry (Aquarium Laboratory), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (916) 835–88–32; e-mail: paajarviru@gmail.com)