

МОРФОГЕНЕЗ СТРУКТУР ТЕЛА
РУЧЬЕВОЙ ФОРЕЛИ (*SALMO TRUTTA MORPHA FARIO*)
И АМЕРИКАНСКОГО ГОЛЬЦА (*SALVELINUS FONTINALIS*)
НА РАННИХ СТАДИЯХ ПОСТНАТАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В.П. ПАНОВ, С.С. ФАЛИЙ, И.В. БАЙДАРОВ,
Ю.И. ЕСАВКИН, А.В. ЗОЛотоВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье приводятся данные о росте и морфометрических особенностях молоди ручьевой форели и американского гольца в период раннего постнатального онтогенеза. Дается характеристика рыб, связанная с постепенным морфофункциональным изменением их статуса от предличинки до малька. Метаморфоз изучаемых видов занимает достаточно большой промежуток времени – более 3 месяцев. За это время у рыб существенно изменяется форма тела за счет неравномерности роста его отдельных частей, происходит утилизация питательных веществ желточного мешка и его исчезновение, появляются лепидотрихии в плавниковых складках, и усиливается пигментация покровов рыб. Плавательный пузырь заполняется воздухом, молодь поднимается на плав, переходит сначала на смешанное, а затем и полностью на экзогенное питание. Несмотря на внешнее сходство между ручьевой форелью и американским гольцом на ранних этапах онтогенеза, выявлен ряд различий по морфометрическим признакам. В течение предличиночного периода (от 1–45 суток) средняя масса молоди гольца скачкообразно увеличивается. У форели, напротив, наблюдается снижение массы после 24-х суток с момента выклева. К моменту окончания предличиночного этапа различия по величине этих показателей уменьшаются, однако, остаются еще достаточно существенными. Предличинки форели крупнее по сравнению с американским гольцом (масса выше на 54,1%, а длина – на 20,7%). В личиночный период происходит непрерывная редукция желточного мешка, особенно его малого диаметра (голец в 4,4 раза, $P \leq 0,05$; форель в 4,7 раза, $P \leq 0,05$). Хвост у личинок интенсивно растет от IV до VI стадии ($P \leq 0,05$). Отличительной особенностью личиночного периода является существенное увеличение относительной высоты тела мальков обоих видов с одинаковой интенсивностью и уменьшение высоты хвостового стебля. При этом наблюдается полное исчезновение желточного мешка и переход рыб на экзогенное питание. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвостовой части рыб заметно увеличивается. Ее рост характеризуется умеренной положительной аллометрией. Изменения формы тела рыб в раннем постэмбриональном периоде от стадии предличинок до малька непосредственно связаны с функциональным значением различных частей тела и тех органов, которые в них находятся. Выявление особенностей формирования морфологических структур тела молоди необходимо проводить при всестороннем учете экологии рыб и условий их содержания в аквакультуре.

Ключевые слова: предличинки, личинки, мальки, желточный мешок, длина головы, длина хвоста, аллометрия.

На ранних стадиях постнатального онтогенеза наблюдаются важные изменения, затрагивающие структурные и функциональные стороны жизнедеятельности рыб. Это в дальнейшем сказывается на благополучии отдельных особей, популяций и вида в целом. При существующем видовом разнообразии рыб, отличающихся особенностями воспроизводства потомства, возникает необходимость тщательного изучения этого процесса. Это даст возможность оптимального и обоснованного отбора гидробионтов для культивирования в регулируемых и контролируемых условиях аквакультуры. Особое внимание уделено вопросам, связанным с биомеханическими свойствами личинок и развитием способов локомоции, позволяющим избежать полной элиминации [24, 9, 22]. В период раннего постнатального онтогенеза происходит развитие и преобразование систем органов (дыхания, пищеварения, рецепции и др.), состояние которых обеспечивает в дальнейшем благополучие популяций различных видов рыб [15, 13, 6, 19]. При постэмбриональном развитии тело многих видов рыб подвержено качественным и количественным изменениям. При этом соотношение отдельных частей тела меняется, и рыбы постепенно приобретают вид взрослого животного. Наиболее существенные морфогенетические процессы происходят на ранних стадиях постнатального онтогенеза [16, 21, 20]. Морфометрические показатели широко используются при изучении начальных этапов развития гидробионтов в искусственных и естественных условиях, однако, до настоящего времени далеко не все представители ихтиофауны изучены в достаточной степени. Виды рыб семейства лососевых являются одними из наиболее ценных объектов аквакультуры. Поэтому росту и развитию молоди лососевых рыб уделяется большое внимание [1, 3, 14]. К ним относятся ручьевая форель и американский голец. Несмотря на то, что эти рыбы не являются коммерческими видами, они представляют интерес, поскольку, начиная с ранних этапов онтогенеза обладают рядом биологических особенностей [5]. Вопросы, связанные с ростом и развитием молоди ручьевой форели и американского гольца, остаются малоизученными.

Целью настоящего исследования является установление морфофункциональных особенностей ручьевой форели и американского гольца на разных этапах раннего постнатального онтогенеза.

Материал и методы исследований

Объектами исследования служили предличинки, личинки и мальки ручьевой форели и американского гольца. Их выращивание осуществлялось на базе межкафедрального учебно-научного центра развития животноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). УЗВ снабжены биологическим фильтром, аэрацией, ультрафиолетовыми лампами и холодильниками для поддержания низкой температуры воды. Икра перед выклевом, а также свободные эмбрионы до начала активных локомоций, находились в инкубационных лотках с сетчатым дном. Затем рыбы выпускались в аквариумы объемом 200 л. Подмена воды (не более трети всего объема установки) производилась не реже двух раз в неделю.

Температура воды на момент выклева составляла +5°C и по мере роста рыб постепенно повышалась до +10 – +13°C. Содержание растворенного в воде кислорода находилось в пределах 5,5–6,5 мг/л. В период выращивания рыб регулярно производили определение гидрохимических показателей: рН, содержание нитратов, нитритов, аммиака, аммония, железа, а также карбонатной и общей жесткости воды с помощью капельных тестов Sera и JBL. Содержания кислорода в воде измерялось с помощью электрооксиметра.

С момента перехода на смешанное питание молодь кормили живыми науплеусами артемии (*Artemia salina*) и замороженным циклопом. В период от полной резорбции желточного мешка до этапа малька рыбы получали смесь, приготовленную из молотого форелевого комбикорма «RAISIO aqua» и обезжиренного творога. В последующий период их рацион составляла замороженная артемия.

Для исследования живой материал фиксировался в 10% формалине. Всего было взято 9 стадий развития каждого вида рыб (3, 24, 30, 45, 58, 66, 72, 86 и 100 сутки). Выбор дней взятия проб основан на изменении морфологических и функциональных признаков или приспособлений, характерных для определенного периода развития рыб. В основном этими изменениями являются резорбция желточного мешка, пигментация тела, а также образование лепидотрихий на плавниковой складке, переход на экзогенное питание, приобретение ювенильной формы тела и др. Этапы развития рыб (предличинки, личинки, малек) устанавливали в соответствии с онтогенетическим подходом Т.С. Расса (1946) [4].

Количество особей в каждой пробе составило 10–15 штук. Определение индивидуальной массы особей с точностью до 1 мг производили с помощью электронных аналитических весов. Промеры тела рыб выполнялись с использованием бинокулярной лупы МБС-1 с точностью до 0,1 мм по общепринятой схеме (рис. 1).

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.

Для определения относительного роста различных частей тела рыб применяли степенное уравнение $y = ax^b$ [2].

Полученный материал обработан статистически с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Основные морфологические изменения, описывающие этапы онтогенеза молоди ручьевой форели и американского гольца представлены в таблице 1. Они включают в себя характеристику рыб, связанную с постепенным морфофункциональным изменением их статуса от предличинки до малька. Метаморфоз изучаемых видов занимает достаточно большой промежуток времени – более трёх месяцев. За это время у рыб существенно изменяется форма тела за счет неравномерности роста его отдельных частей, происходит утилизация питательных веществ желточного мешка и его исчезновение, появляются лепидотрихии в плавниковых складках, и усиливается пигментация покровов. Плавательный пузырь заполняется воздухом, молодь поднимается на плав, переходит сначала на смешанное, а затем и полностью на экзогенное питание (табл. 1, рис. 2).

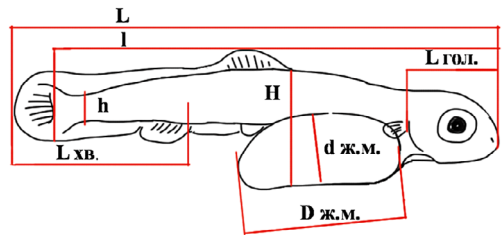


Рис. 1. Схема промеров рыб:

- L – длина тела по Смитту;
- l – малая длина тела;
- H – наибольшая высота тела;
- h – высота хвостового стебля;
- L гол. – длина головы;
- $D_{ж.м.}$ – большой диаметр желточного мешка;
- $d_{ж.м.}$ – малый диаметр желточного мешка;
- L хв. – длина хвоста

Диагностические признаки стадий развития молоди рыб

№ стадии	Количество дней с момента массового выклева	Описание стадии развития
I	3	Предличинка. Желточный мешок шарообразной формы, плавниковый контур полностью прозрачен, пигментация тела наблюдается только на голове. Голова опущена и прижата к телу
II	24	Появляются малочисленные лепидотрихии на хвостовой плавниковой складке, голова выпрямляется. Объем желточного мешка составляет примерно $\frac{3}{4}$ от первоначального. Начинается пигментация тела рыбы
III	30	Желточный мешок становится более вытянутым и сдавленным по бокам, его объем составляет около половины от первоначального. Лепидотрихии развиваются на спинной и хвостовой плавниковой складке
IV	45	Личинка. Ротовая складка открывается, особи переходят на смешанное питание и вступают в личиночную стадию развития. Объем желточного мешка существенно уменьшается
V	58	Поднятие на плав, в камере плавательного пузыря присутствует воздух, желточный мешок практически не выделяется на теле рыбы. У личинок гольца появляется жировой плавник
VI	66	Желточный мешок присутствует в остаточном объеме.
VII	72	Малек. Желточный мешок полностью резорбирован. Все органы и системы окончательно сформированы. Пропорции тела и окраска отличаются от таковых у взрослой особи
VIII	86	Продолжается рост рыб, усиливается пигментация
IX	100	Этап позднего малька. Пропорции тела сходны с пропорциями взрослых особей. Мальки отличаются от взрослых рыб только окраской

Несмотря на внешнее сходство между ручьевой форелью и американским гольцом на ранних этапах онтогенеза, выявлен ряд различий по морфометрическим признакам. Они связаны, прежде всего, с биологическими особенностями этих рыб, а также с тем фактом, что культивируемые виды неоднозначно реагируют на искусственно созданные условия среды, в которой им приходится развиваться. Эти различия по-разному проявляются на каждом этапе онтогенеза, поскольку организм рыб претерпевает существенные морфофункциональные изменения.

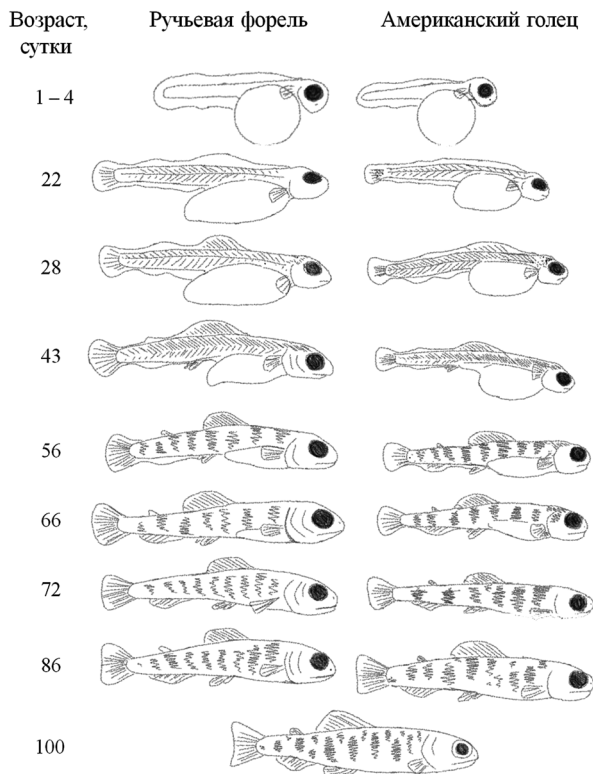


Рис. 2. Стадии развития и изменение формы тела у молоди рыб

Предличиночный этап

Икра обоих исследуемых видов в последние дни инкубации имеет сходные размеры (диаметр 4–5 мм), однако, вышедшие из оболочки предличинки ручьевой форели заметно крупнее. При выклеве масса свободных эмбрионов форели практически в два раза больше, чем у гольца. В течение предличиночного периода (1–45 суток) средняя масса молоди гольца скачкообразно увеличивается. У форели, напротив, наблюдается снижение массы после 24-х суток с момента выклева. К концу предличиночного периода масса ручьевой форели увеличивается на 4 мг, в то время как прирост у американского гольца составил 13 мг (табл. 2).

Поскольку резорбция желточного мешка у форели происходит более интенсивно, потеря массы не компенсируется весовым ростом молоди, в отличие от гольца, у которого этот процесс осуществлялся более плавно (рис. 3). В первые сутки жизни масса и длина тела форели превышали значения этих показателей у гольца на 87,5% и 37,2% соответственно, что свидетельствует об относительно большем запасе вителлина (желтка) у молоди форели. К моменту окончания предличиночного этапа различия по величине этих показателей уменьшаются, однако, остаются еще достаточно существенными. Предличинки форели крупнее по сравнению с американским гольцом (масса выше на 54,1%, а длина – на 20,7%). Разнокачественность (CV %) перед личиночным периодом у молоди форели и гольца по массе и длине мало меняется или существенно снижается. Вариабельность массы рыб выше, чем их длины. Коэффициент вариации по большинству относительных показателей невысок (табл. 2–4).

**Динамика морфометрических показателей
у предличинки гольца и форели (n = 10–15)**

Показатели	Возраст рыб, сутки					
	I (4)	CV, %	II (24)	CV, %	III (30)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{48,0 \pm 1,0}{90,0 \pm 4,7}$	$\frac{20,3}{25,8}$	$\frac{54,0 \pm 1,0}{104,0 \pm 2,0}$	$\frac{18,0}{19,5}$	$\frac{49,0 \pm 0,6}{99,0 \pm 1,4}$	$\frac{11,5}{14,5}$
L, мм	$\frac{11,3 \pm 0,1}{15,5 \pm 0,7}$	$\frac{1,3}{9,6}$	$\frac{15,9 \pm 0,2}{19,8 \pm 0,2}$	$\frac{3,2}{3,4}$	$\frac{17,0 \pm 0,1}{20,1 \pm 0,2}$	$\frac{2,3}{2,9}$
в % от L						
H	$\frac{38,6 \pm 1,0}{38,0 \pm 3,5}$	$\frac{8,5}{20,7}$	$\frac{27,3 \pm 0,6^*}{26,2 \pm 0,4^*}$	$\frac{7,6}{5,4}$	$\frac{25,4 \pm 0,2^*}{25,8 \pm 0,2^*}$	$\frac{6,2}{5,6}$
h	$\frac{12,2 \pm 0,5}{10,8 \pm 0,3}$	$\frac{12,4}{5,9}$	$\frac{9,6 \pm 0,4^*}{9,5 \pm 0,2^*}$	$\frac{12,1}{9,2}$	$\frac{12,2 \pm 0,1}{11,3 \pm 0,1}$	$\frac{7,2}{6,2}$
L гол.	$\frac{14,5 \pm 0,6}{17,8 \pm 1,0}$	$\frac{11,9}{11,1}$	$\frac{16,1 \pm 0,2^*}{18,6 \pm 0,3}$	$\frac{6,3}{6,6}$	$\frac{18,3 \pm 0,1^*}{21,0 \pm 0,1^*}$	$\frac{5,7}{4,4}$
d ж.м.	$\frac{36,1 \pm 1,2}{31,8 \pm 3,2}$	$\frac{10,4}{21,6}$	$\frac{22,2 \pm 0,5^*}{20,2 \pm 0,5^*}$	$\frac{8,0}{7,1}$	$\frac{20,3 \pm 0,2^*}{18,6 \pm 0,1^*}$	$\frac{9,3}{5,9}$
D ж.м.	$\frac{46,1 \pm 1,7}{47,0 \pm 1,3}$	$\frac{11,5}{6,1}$	$\frac{38,7 \pm 0,8^*}{49,9 \pm 0,8}$	$\frac{5,5}{4,2}$	$\frac{35,1 \pm 0,2^*}{45,4 \pm 0,3}$	$\frac{6,0}{5,9}$
L хв.	$\frac{43,7 \pm 1,89}{40,8 \pm 1,83}$	$\frac{11,4}{7,8}$	$\frac{36,3 \pm 0,83}{35,9 \pm 0,50}$	$\frac{7,2}{4,4}$	$\frac{37,3 \pm 0,66}{38,9 \pm 0,87}$	$\frac{4,7}{5,9}$

Здесь и в других таблицах: голец – над чертой, форель – под чертой

В таблицах 1, 2 и 3: L – длина тела по Смитту; H – высота тела под спинным плавником; h – высота хвостового стебля; L гол. – длина головы; D ж.м. – большой диаметр желточного мешка; d ж.м. – малый диаметр желточного мешка; Lхв. – длина хвоста

* Разность по сравнению с I стадией достоверна при $P \leq 0,05$

Несмотря на более крупные размеры свободных эмбрионов форели и первоначальный объем желточного мешка, в течение предличиночного периода длина их тела увеличивается на 45,1%, а у гольца – на 38,3%. При этом прирост массы тела у гольца существенно превышает таковой у форели (4,5% против 23,9%). В связи с этим можно говорить о более интенсивном росте гольца по сравнению с форелью на этапе предличинки. Это, по-видимому, вызвано большей чувствительностью ручьевой форели к условиям содержания, в особенности на ранних этапах онтогенеза.

Изменение относительной высоты тела под спинным плавником связано с резорбцией желточного мешка в процессе развития рыб. С I по IV-е стадии высота тела у рыб уменьшается (у гольца на 15,1%, у форели – 16,8%). Это происходит вследствие изменения формы и объема желточного мешка.

При выклеве желточный мешок шарообразный, а затем он уплощается в дорсо-вентральном и латеральном направлениях и удлиняется в кранио-каудальном направлении. У форели этот процесс заметен в большей степени. В возрасте 45 суток

большой диаметр желточного мешка форели на 30,7% выше, а малый – на 40,2% ниже, чем у гольца. Желточный мешок у молоди форели на десятые сутки после выклева имеет меньшую площадь контакта с телом за счет большего обособления его каудальной части, чем у гольца. Размеры желточного мешка в течение предличиночного периода уменьшаются, причем быстрее – малый диаметр, независимо от вида. При этом его объем интенсивнее понижается у предличинки форели (в 2,8 раза). Высота хвостового стебля изменяется в меньшей степени (табл. 2).

Основная локомоторная часть тела рыб – хвост, у предличинки при резорбции желточного мешка несколько уменьшается – у гольца с 43,7 до 37,3%, у форели с 40,8 до 38,9%. В среднем у этих возрастных групп исследованных видов рыб длина хвоста не имеет существенных различий – у гольца и форели $38,5 \pm 1,43$ и $39,1 \pm 2,32$. При этом голова с ротовым и дыхательным аппаратом растет достаточно интенсивно. У предличинки гольца длина головы увеличивается на 32,4%, а у форели на 20,8% ($P \leq 0,05$).

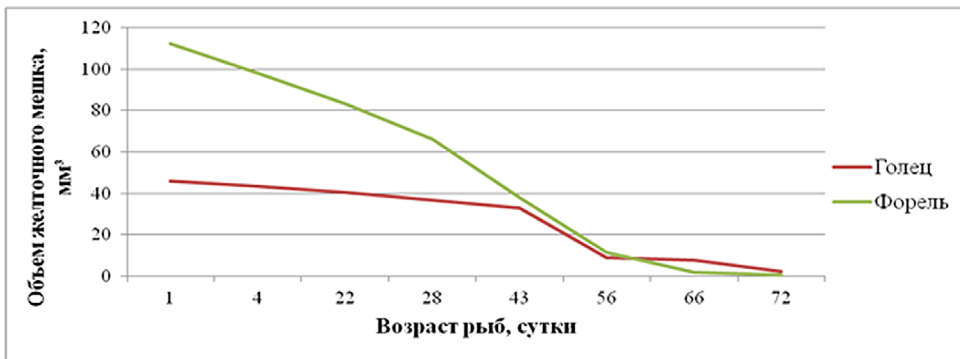


Рис. 3. Динамика резорбции желточного мешка

В течение первых двадцати суток после выхода свободных эмбрионов из оболочки они лежали на дне лотка в малоподвижном состоянии, совершая при этом постоянные интенсивные движения грудными плавниками для аэрации организма при отсутствии жаберного дыхания. В отличие от форели, предличинки гольца демонстрировали более высокую подвижность, активнее реагировали на раздражение.

Период с 21-х суток после выклева до перехода рыб на личиночный этап характеризовался состоянием роения. Предличинки гольца при этом образовывали достаточно плотные, иногда в несколько слоев, скопления, имевшие форму концентрически сходящихся кругов; головы рыб были направлены к центру этих кругов, а хвосты – наружу. Форель располагалась разрозненно, и ее скопления не были столь упорядочены.

Личиночный этап

В личиночный период масса и длина рыб существенно не изменяется. Однако имеются некоторые колебания по величине этих показателей. Не поддается интерпретации увеличение массы и длины личинок на V стадии (56 суток после выклева). Возможно, это объясняется двумя причинами: методом отбора проб или усиленным обводнением тканей организма в связи с продолжающейся резорбцией желтка и ростом тканей тела. Вителлин обладает меньшим содержанием воды, поскольку включает в себя много жирового компонента. Это не относится к мышечным волокнам и соединительной ткани сомы личинок, масса которой растет.

У обоих видов наблюдается дальнейшее уменьшение наибольшей высоты и увеличение высоты хвостового стебля ($P \leq 0,05$). Это происходит при непрерывной

резорбции желточного мешка, особенно уменьшении его малого диаметра (голец в 4,4 раза, $P \leq 0,05$; форель в 4,7 раза, $P \leq 0,05$). Хвост у личинок интенсивно растет от IV до VI стадии ($P \leq 0,05$). Это происходит при существенном увеличении длины головы ($P \leq 0,05$). Среднее значение длины хвоста у личинок гольца составляет $38,2 \pm 1,28$, у форели – $38,7 \pm 0,92$ (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3

Динамика морфометрических показателей личинок гольца и форели (n = 10–15)

Показатели	Стадии (возраст рыб, сутки)					
	IV(45)	CV, %	V(56)	CV, %	VI(66)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{61,0 \pm 5,2}{94,0 \pm 3,3}$	$\frac{26,8}{10,9}$	$\frac{77,0 \pm 3,4}{115,0 \pm 2,4}$	$\frac{14,0}{6,6}$	$\frac{67,3 \pm 3,0}{93,3 \pm 3,6}$	$\frac{14,2}{12,3}$
L, мм	$\frac{18,4 \pm 0,3}{22,2 \pm 0,2}$	$\frac{4,4}{3,3}$	$\frac{22,3 \pm 0,3}{24,9 \pm 0,2}$	$\frac{4,1}{2,6}$	$\frac{21,2 \pm 0,1}{23,4 \pm 0,3}$	$\frac{2,0}{4,2}$
в % от L:						
H	$\frac{23,5 \pm 0,7}{21,2 \pm 0,3}$	$\frac{8,8}{3,8}$	$\frac{17,1 \pm 0,4^*}{18,4 \pm 0,3^*}$	$\frac{8,0}{4,9}$	$\frac{18,9 \pm 0,4^*}{17,6 \pm 0,4^*}$	$\frac{6,7}{6,5}$
h	$\frac{11,1 \pm 0,2}{10,3 \pm 0,2}$	$\frac{5,2}{6,9}$	$\frac{13,4 \pm 0,4^*}{14,3 \pm 0,2^*}$	$\frac{9,6}{5,4}$	$\frac{13,1 \pm 0,2^*}{13,9 \pm 0,2^*}$	$\frac{5,7}{5,5}$
Lгол.	$\frac{19,2 \pm 0,5}{21,5 \pm 0,3}$	$\frac{7,5}{4,4}$	$\frac{21,4 \pm 0,5^*}{22,5 \pm 0,2^*}$	$\frac{7,1}{3,3}$	$\frac{22,0 \pm 0,3^*}{24,4 \pm 0,7^*}$	$\frac{4,1}{8,7}$
d ж.м.	$\frac{18,5 \pm 0,7}{13,2 \pm 0,3}$	$\frac{12,5}{7,9}$	$\frac{7,7 \pm 0,5^*}{7,4 \pm 0,5^*}$	$\frac{19,4}{19,3}$	$\frac{7,7 \pm 0,7^*}{1,8 \pm 0,2^*}$	$\frac{28,7}{41,7}$
D ж.м.	$\frac{29,3 \pm 0,7}{38,3 \pm 1,2}$	$\frac{7,5}{9,5}$	$\frac{25,0 \pm 0,4^*}{25,4 \pm 0,5^*}$	$\frac{5,5}{5,9}$	$\frac{25,2 \pm 0,6^*}{18,8 \pm 0,9^*}$	$\frac{7,4}{15,5}$
L хв.	$\frac{37,0 \pm 0,79}{37,8 \pm 0,38}$	$\frac{6,7}{3,2}$	$\frac{37,1 \pm 1,00}{37,7 \pm 0,44}$	$\frac{7,1}{3,3}$	$\frac{40,6 \pm 0,70^*}{40,5 \pm 0,56^*}$	$\frac{5,4}{4,4}$

* Разность по сравнению с 45-ти суточными личинками достоверна при $P \leq 0,05$

При переходе на смешанное питание у рыб наблюдались скачкообразные вертикальные движения – «свечки». Голец начал реагировать на корм раньше и активнее, чем форель, демонстрируя более выраженное пищевое поведение. У форели процесс перехода на личиночный этап осуществлялся более плавно, при этом не все особи регулярно питались.

В течение первых 10–13 суток личиночного периода у молоди происходило поднятие на плав. Личинки гольца при этом равномерно распределились по всему объему воды, а форель держалась ближе ко дну.

К моменту завершения личиночного этапа пищевое поведение полностью сформировалось и стало характерным для хищных рыб. При кормлении наблюдалась конкуренция, выражающаяся в незначительных актах агрессии крупных особей по отношению к более мелким рыбам.

Мальковый этап

В начале малькового периода, при переходе рыб на экзогенное питание (стадия VIII) происходит быстрое наращивание массы без существенного увеличения их размеров. Интенсивность роста исследуемых видов рыб в этот период различается на стадиях VIII–IX. Это связано с тем, что в возрасте 72 суток (стадия VII) масса форели в 1,6 раза выше, чем у гольца. В дальнейшем эти различия нивелируются и почти исчезают. Масса гольца за 28 суток увеличивается в 2,7, а форели – в 1,7 раза. Отличительной особенностью этого периода является существенное увеличение относительной высоты тела мальков обоих видов с одинаковой интенсивностью и уменьшение высоты хвостового стебля. При этом наблюдается полное исчезновение желточного мешка и переход рыб полностью на экзогенное питание. Этому способствует интенсивный рост головы, развитие челюстного аппарата и хвоста как основной части локомоторного аппарата (табл. 4).

Таблица 4

Динамика морфометрических показателей мальков гольца и форели (n = 10–15)

Показатели	Стадии (возраст рыб, сутки)					
	VII (72)	CV, %	VIII (86)	CV, %	IX (100)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{60,6 \pm 2,3}{99,7 \pm 4,1}$	$\frac{11,7}{13,1}$	$\frac{141,6 \pm 5,6}{155,3 \pm 10,3}$	$\frac{10,5}{21,1}$	$\frac{163,5 \pm 15,3}{168,6 \pm 12,8}$	$\frac{29,6}{16,9}$
L, мм	$\frac{22,2 \pm 0,3}{25,0 \pm 0,2}$	$\frac{3,7}{2,3}$	$\frac{22,4 \pm 0,3}{22,5 \pm 0,3}$	$\frac{3,7}{4,1}$	$\frac{23,0 \pm 0,7}{25,0 \pm 0,6}$	$\frac{9,2}{5,2}$
в % от L:						
H	$\frac{15,8 \pm 0,4}{15,8 \pm 0,4}$	$\frac{7,7}{7,8}$	$\frac{19,9 \pm 0,7^*}{18,0 \pm 0,5^*}$	$\frac{11,4}{6,7}$	$\frac{18,1 \pm 0,5^*}{18,2 \pm 0,7^*}$	$\frac{9,5}{8,0}$
h	$\frac{12,2 \pm 0,2}{12,8 \pm 0,2}$	$\frac{5,3}{4,7}$	$\frac{9,1 \pm 0,3^*}{8,6 \pm 0,2^*}$	$\frac{9,4}{6,4}$	$\frac{9,0 \pm 0,2^*}{9,0 \pm 0,2^*}$	$\frac{7,5}{5,4}$
Lгол.	$\frac{23,2 \pm 0,3}{23,2 \pm 0,3}$	$\frac{4,1}{6,1}$	$\frac{26,5 \pm 0,5^*}{28,5 \pm 0,5^*}$	$\frac{4,6}{5,8}$	$\frac{26,8 \pm 0,2^*}{29,4 \pm 0,6^*}$	$\frac{5,0}{5,9}$
d ж.м.	$\frac{4,2 \pm 0,4}{2,8 \pm 0,2}$	$\frac{29,1}{24,0}$	-	-	-	-
D ж.м.	$\frac{21,4 \pm 0,5}{20,3 \pm 1,1}$	$\frac{6,9}{17,7}$	-	-	-	-
L хв.	$\frac{39,2 \pm 0,60}{39,1 \pm 0,70}$	$\frac{4,0}{4,7}$	$\frac{43,8 \pm 1,27^*}{45,1 \pm 1,11^*}$	$\frac{6,5}{6,5}$	$\frac{49,9 \pm 1,51^*}{44,0 \pm 3,59}$	$\frac{8,6}{14,2}$

* Разность по сравнению с 72-х суточными личинками достоверна при $P \leq 0,05$

Мальки форели достаточно пугливы: они активно реагировали на появление объектов рядом с аквариумом, освещение и резкие звуки. При кормлении вручную забивались в углы емкости и не ели, пока движение перед аквариумом не прекратится. Среди особенностей пищевого поведения форели также можно выделить неохотное поедание молодью корма, упавшего на дно. Среди мальков форели доминирующими особями являлись наиболее крупные. Агрессия проявлялась только перед

кормлением, когда рыбы были голодны. Умершие особи до их удаления из аквариума оставались нетронутыми, их не поедали.

У мальков гольца наблюдался выраженный каннибализм. Агрессивное поведение проявлялись вне зависимости от размера особей и их сытости. Даже одноразмерные рыбы наносили друг другу серьезные травмы, приводящие к гибели. Трупы быстро поедались другими особями. Рыбы не реагировали испугом на появление различных объектов, что позволяло достаточно эффективно осуществлять кормление вручную.

Анализ относительного роста рыб показал, что у обоих видов в раннем онтогенезе увеличение длины головы отличается высокой положительной аллометрией (коэффициент $b > 1$) (табл. 5). Взрослые рыбы, особенно самцы, имеют достаточно крупную голову. Ее длина у годовиков и двухгодовиков, как правило, соответствует высоте тела под спинным плавником.

В связи с редукцией желточного мешка высота тела под спинным плавником, большой и малый диаметр желточного мешка существенно снижаются с увеличением длины рыб (коэффициент $b < 1$). У обоих видов резорбция желточного мешка происходила, прежде всего, за счет уменьшения его малого диаметра. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвоста рыб заметно увеличивается и носит характер умеренной положительной аллометрии (табл. 5).

Таблица 5

Параметры уравнения относительного роста некоторых морфометрических показателей в зависимости от длины рыб ($y = ax^b$)

Показатели	b		R ²	
	форель	голец	форель	голец
Длина головы	1,86 ± 0,39	1,83 ± 0,08	0,96	0,97
Высота тела под спинным плавником	-0,78 ± 0,23	-0,26 ± 0,10	0,76	0,28
Большой диаметр желточного мешка	-0,82 ± 2,68	-0,12 ± 0,14	0,26	0,09
Малый диаметр желточного мешка	-4,1 ± 11,9	-1,93 ± 1,86	0,62	0,63
Длина хвоста	1,08 ± 0,25	1,08 ± 0,18	0,98	0,95

Морфогенез на ранних стадиях постнатального развития характерен для большинства видов рыб. При этом существенно изменяется не только форма тела, но другие системы органов [16, 15, 13].

Наиболее быстрые изменения формы тела происходят на самых ранних этапах развития, и это связано с определенными размерами рыб. В последующем интенсивность роста отдельных частей тела уменьшается, что свидетельствует, по мнению ряда исследователей, о фазности этого процесса [17, 18, 8]. Непосредственно после вылупления голова и хвост растут с хорошо выраженной положительной аллометрией, а в последующем наблюдается в той или иной степени изометричный рост. У карпа (*Cyprinus carpio*) длиной до 20 мм увеличение размеров головы характеризуется положительной аллометрией ($b = 1,274$), а в последующем (>20 мм) наблюдается изометричный рост [20]. Подобные данные получены по карпу и африканскому сому (*Clarias gariepinus*) длиной до 7,5 и 9,4 мм соответственно. При этом величина степенного коэффициента имеет существенно большие значения (карп $b = 2,28$, сом $b = 1,78$). В дальнейшем,

с увеличением длины тела значения аллометрического коэффициента уменьшаются (каrp – $b = 1,18$, сом – $b = 0,83$). Значения степенного коэффициента, определяющего рост хвоста, у карпа и сома ниже, чем рост головы (каrp – $b = 1,31$ и $0,79$; сом – $b = 1,53$ и $1,06$) [23]. Аналогичные изменения параметров относительного роста на разных этапах раннего постнатального онтогенеза выявлены у язя (*Leuciscus idus*) и у налима (*Lota lota*) [11, 12]. Особенностью является то, что размерные точки изменения интенсивности роста различных частей у исследованных видов рыб не совпадают.

В нашей работе мы не учитывали фазность роста различных частей тела при описании относительного роста. Длина рыб при его определении составляла для форели 15,5–25,0 мм, гольца 11,3–23,0 мм.

При этом установлено, что относительная длина хвоста мало изменяется у предличинок и личинок, но увеличивается у мальков, особенно существенно – в конце экспериментального периода (стадия IX). В среднем у предличинок гольца длина хвоста составляет 39,1%, у личинок – 38,9% и у мальков – 44,3%; у форели – 38,5%, 38,7% и 42,7% соответственно. Существенных изменений пропорций в хвостовой части тела в первые 2 месяца жизни молоди рыб не наблюдается. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвостовой части рыб заметно увеличивается. Рост хвостовой части характеризуется умеренной положительной аллометрией. Для форели уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,31x^{1,08 \pm 0,25}$, для гольца – $y = 0,32x^{1,08 \pm 0,18}$. При этом значения степенного коэффициента b у исследованных лососевых видов не различаются. Длина головы у форели и гольца увеличивается существенно быстрее (форель $b = 1,86$; голец $b = 1,83$), чем размеры хвоста. Это связано с интенсивным развитием ротового, респираторного аппаратов, а также органов чувств. Эти морфологические структуры, наряду с развитием локомоторного аппарата, позволяют активно избегать опасности, а также осуществлять дыхательную функцию и потреблять пищевые объекты [10, 15, 7]. Резорбция желточного мешка и переход на экзогенное питание сказывается как на относительной высоте тела предличинок и личинок рыб, которая постепенно уменьшается, так и на параметрах аллометрического роста, который носит отрицательный характер.

Заключение

Изменения формы тела рыб в раннем постэмбриональном периоде от стадии предличинок до малька непосредственно связаны с функциональным значением различных частей тела и тех органов, которые в них находятся. Интенсивный рост головы и хвоста обеспечивает успешное выживание молоди рыб. Развитие необходимой подвижности, респираторной и пищеварительной систем, а также органов чувств является необходимым условием для благополучного существования различных видов рыб. Обширные сведения о развитии молоди морских и пресноводных представителей ихтиофауны свидетельствуют о фазности их роста. Первая фаза начинается сразу после выклева. Продолжительность отдельных стадий и размерные показатели окончания или наступления не консервативны и не совпадают у различных видов рыб. Выявление особенностей формирования морфологических структур тела молоди необходимо проводить при всестороннем учете экологии рыб и их выращивании в условиях аквакультуры.

Библиографический список

1. *Игнатьева Г.М.* Радужная форель *Salmo gairdneri* Richardson, 1836 // В кн.: «Объекты биологии развития», М. Наука, 1975 – С. 278–307.
2. *Мина М.В., Клевезаль Г.А.* Рост животных // М.: Наука. – 1976. – 291.

3. Павлов Д.А. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб // М.: ГЕОС, 2007. – 263.
4. Расс Т.С. Ступени онтогенеза костистых рыб (Teleostei) // Зоол. журн., 1946. – Т. 25. – С. 137–148.
5. Фалий С.С., Панов В.П. Рост и морфометрическая характеристика ручьевой и форели (*Salmo trutta morpha fario*) и американского гольца (*Salvelinus fontinalis*) в начальный период постнатального онтогенеза // XII неделя науки молодежи Северо-Восточного административного округа г. Москвы) – Сборник статей, 2017–24–30 апреля 2017 г. – С. 302–306.
6. Appelbaum S., Riehl R. Scanning electron microscopic observations of the chemo- and mechanoreceptors of carp larvae (*Cyprinus carpio*) and their relationship to early behaviour // Aquat. Living Resour., 1997. – Vol. 10. – P. 1–12.
7. Carvalho P.S.M., Noltie D.B., Tillitt D.E. Biochemical, histological and behavioural aspects of visual function during early development of rainbow trout // J. Fish Biol., 2004. – Vol. 64. – P. 833–850.
8. Fuiman L.A. Growth gradients in fish larvae // J. Fish Biol., 1983. – Vol. 23. – P. 117–123.
9. Fuiman L.A., Swith M.E., Malley V.N. Ontogeny of routine swimming speed and startle responses in red drum, with a comparison of responses to acoustic and visual stimuli // Journal of Fish Biology, 1999. – Vol. 55 (Suppl. A). – P. 215–226.
10. Hubbs C., Blaxter, J.H.S. Ninth Larval Fish Conference Development of Sense Organs and Behaviour of Teleost Larvae with Special Reference to Feeding Predator and Avoidance // Trans. Amer. Fish Soc., 1986. – Vol. 115. – P. 98–114.
11. Kupren K., Trabska I., Zarski D., Krejszef S., Palinska-Zarska K., Kucharczyk D. Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. // Aquacult. Int., 2014. – Vol. 22. – P. 29–39.
12. Kupren K., Zarski D., Kucharczyk D. Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758) // J. Appl. Ichthyol., 2015. – Vol. 1. – P. 1–9.
13. Morrison C.M., Miyake T., Wright J.R.Jr. Histological Study of the Development of the Embryo and Early Larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) // J. Morph., 2001. – Vol. 247. – P. 172–195.
14. Nathanailides C., Lopez-Albors O., Stickland N. Influence of pre-hatch temperature on the development of muscle cellularity in post-hatch Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1995. – Vol. 52. – P. 675–680.
15. Omori M., Sugavara Y., Honda H. Morphogenesis in hatchery-reared larvae of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*, and its relationship to the development of swimming and feeding function // Ichthyol. Res., 1996. – Vol. 43. – P. 267–282.
16. Osse J.W.M. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function // Neth. J. Zool., 1990. – Vol. 40. – P. 362–365.
17. Osse J.W.M., van den Boogaart J.G.M., van Snik G.M.J., van der Sluys L. Priorities during early growth of fish larvae // Aquaculture, 1997. – Vol. 155. – P. 249–258.
18. Osse J.W. M., Boogaart, J.G.M. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation* J. Fish Biol., 1999. – Vol. 55 (Suppl. A). – P. 156–174.
19. Ruibin Yang, Congxin Xie, Qixue Fan, Chao Gao, Libao Fang Ontogeny of the digestive tract in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* larvae // Aquaculture, 2010. – Vol. 302. – P. 112–123.
- 20., S.M. Shamsul Hoda, Hiroshi Tsukahara Studies on the development and relative growth in the carp, *Cyprinus carpio* (L.) // J. Faculty Agric., Kyushu University, 1971. Vol. 16. – P. 387–509.

21. Strauss R.E., Fuiman L.A. Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae) // Can. J. Zool., 1985. – Vol. 63. – P. 1582–1589.
22. Voesenek C.J., Florian T. Muijres F.T., van Leeuwen J.L. Biomechanics of swimming in developing larval fish // J. Exp. Biol., 2018. – Vol. 221. – P. 1–14.
23. van Snik G.M. J., van Den Boogaart J.G. M., Osse, J.W.M. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold // J. Fish Biol., 1997. – Vol. 50. – P. 1339–1352.
24. Wakeling J.M., Kemp K.M., Johnston I.A. The biomechanics of fast-start during ontogeny the common carp *Cyprinus carpio* // J. Exp. Biol., 1999. – Vol. 202. – P. 3057–306.

MORPHOGENESIS OF THE BODY STRUCTURES
OF BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA MORPHA FARIO*)
AND BROOK TROUT (*SALVELINUS FONTINALIS*)
AT THE EARLY STAGES OF POSTNATAL DEVELOPMENT

V.P. PANOV, S.S. FALIY, I.V. BAYDAROV, U.I. YESAVKIN, A.V. ZOLOTOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The paper presents data on the growth and morphometric features of brook trout and brown trout juveniles in the early postnatal ontogenesis. The authors give account of a gradual morphological change in the fish status from prelarva to fry. Metamorphosis of the studied species takes quite a long period of time that is more than 3 months. During this time, fish significantly change the body shape, due to the uneven growth of their individual parts, the yolk sac nutrients are fully utilized and the sac disappears, lepidotrichia appear in the fin folds and skin pigmentation increases. The swimming bladder is filled with air, the juveniles rise into the water column. Fish go first to mixed, and then completely to exogenous nutrition. Despite the external similarity between brook trout and brown trout at the early stages of ontogenesis, a number of differences in morphometric characteristics have been revealed. During the pre-larval period (1–45 days), the average weight of young brook trout increases intermittently. In brown trout, on the contrary, there is a decrease in weight after 24 days from the moment of hatching. By the end of the pre-larval stage, the differences in the values of these indicators are reduced, but remain quite significant. Brown trout prelarva are larger as compared to brook trout (their weight is higher by 54.1%, and length-by 20.7%). Larvae's tail is intensively growing from stage IV till stage VI ($P \leq 0.05$). A distinctive feature of the larval period is a significant increase in the relative body height of the fry of both species with the same intensity and a decrease in the tail stalk height. At the same time, there is a complete disappearance of the yolk sac and the transition of fish to exogenous nutrition. Analysis of the relative growth of fish has shown that in both species in early ontogenesis, the increase in head length is of high intensity. During the transition to external feeding at the larval stage, the intensity of fish tail growth increases markedly and features moderate positive allometry. Changes in the fish body shape in the early post-embryonic period from the stage of pre-larvae to fry are directly related to the functional significance of various parts of the body and its internal organs. Identification of the formation features of morphological structures of a juvenile body needs to be carried out taking into comprehensive account the fish ecology and conditions of their growing in aquaculture.

Key words: prelarva, larva, fry, yolk sac, head length, tail length, allometry

References

1. Ignat'yeva G.M. Raduzhnaya forel' *Salmo gairdneri* Richardson, 1836 [Brook trout (rainbow trout) *Salmo gairdneri* Richardson, 1836] // In: "Ob'yekty biologii razvitiya", M. Nauka, 1975; 278–307. (In Rus.)

2. *Mina M.V., Klevezal', G.A.* Rost zhivotnykh [Growth of animals] // M.: Nauka, 1976: 291. (In Rus.)
3. *Pavlov D.A.* Morfologicheskaya izmenchivost' v rannem ontogeneze kostistyykh ryb [Morphological variability in the early ontogenesis of bony fish] // M.: GEOS, 2007: 263. (In Rus.)
4. *Rass T.S.* Stupeni ontogeneza kostistyykh ryb (Teleostei) [Steps of ontogenesis of bony fish (Teleostei)] // Zool. zhurn., 1946; 25: 137–148. (In Rus.)
5. *Faliy S.S., Panov V.P.* Rost i morfometricheskaya kharakteristika ruch'yevoy i foreli (*Salmo trutta morpha fario*) i amerikanskogo gol'tsa (*Salvelinus fontinalis*) v nachal'nyy period postnatal'nogo ontogeneza [Growth and morphometric characteristics of brook and trout (*Salmo trutta morpha fario*) and brook trout (American char) (*Salvelinus fontinalis*) in the initial period of postnatal ontogenesis] // XII nedelya nauki molodezhi Severo-Vostochnogo administrativnogo okruga g.Moskvy) – Sbornik statey, 2017- April 24–30, 2017: 302–306. (In Rus.)
6. *Appelbaum S., Riehl R.* Scanning electron microscopic observations of the chemo- and mechanoreceptors of carp larvae (*Cyprinus carpio*) and their relationship to early behaviour // Aquat. Living Resour., 1997; 10: 1–12. (In English)
7. *Carvalho P.S.M., Noltie D.B., Tillitt D.E.* Biochemical, histological and behavioural aspects of visual function during early development of rainbow trout // J. Fish Biol., 2004; 64: 833–850. (In English)
8. *Fuiman L.A.* Growth gradients in fish larvae // J. Fish Biol., 1983; 23: 117–123. (In English)
9. *Fuiman L.A., Swith M.E., Malley V.N.* Ontogeny of routine swimming speed and startle responses in red drum, with a comparison of responses to acoustic and visual stimuli // Journal of Fish Biology, 1999; 55 (Suppl. A): 215–226. (In English)
10. *Hubbs C., Blaxter, J.H.S.* Ninth Larval Fish Conference Development of Sense Organs and Behaviour of Teleost Larvae with Special Reference to Feeding Predator and Avoidance // Trans. Amer. Fish Soc., 1986; 115: 98–114. (In English)
11. *Kupren K., Trabska I., Zarski D., Krejszef S., Palinska-Zarska K., Kucharczyk D.* Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. // Aquacult. Int., 2014; 22: 29–39. (In English)
12. *Kupren K., Zarski D., Kucharczyk D.* Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758) // J. Appl. Ichthyol., 2015; 1: 1–9. (In English)
13. *Morrison C.M., Miyake T., Wright J.R.Jr.* Histological Study of the Development of the Embryo and Early Larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) // J. Morph., 2001; 247: 172–195. (In English)
14. *Nathanailides C., Lopez-Albors O., Stickland N.* Influence of pre-hatch temperature on the development of muscle cellularity in post-hatch Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can. J. Fish Aquat. Sci., 1995; 52: 675–680. (In English)
15. *Omori M., Sugavara Y., Honda H.* Morphogenesis in hatchery-reared larvae of the black roachfish, *Sebastes schlegeli*, and its relationship to the development of swimming and feeding function // Ichthyol. Res., 1996; 43: 267–282. (In English)
16. *Osse J.W.M.* Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function // Neth. J. Zool., 1990; 40: 362–365. (In English)
17. *Osse J.W.M., van den Boogaart J.G.M., van Snik G.M.J., van der Sluys L.* Priorities during early growth of fish larvae // Aquaculture, 1997; 155: 249–258. (In English)
18. *Osse J.W.M., Boogaart, J.G.M.* Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation* J. Fish Biol., 1999; 55 (Suppl. A): 156–174. (In English)

19. *Ruibin Yang, Congxin Xie, Qixue Fan, Chao Gao, Libao Fang* Ontogeny of the digestive tract in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* larvae // *Aquaculture*, 2010; 302: 112–123. (In English)
20. *S.M. Shamsul Hoda, Hiroshi Tsukahara* Studies on the development and relative growth in the carp, *Cyprinus carpio* (L.) // *J. Faculty Agric., Kyushu University*, 1971; 16: 387–509. (In English)
21. *Strauss R.E., Fuiman L.A.* Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae) // *Can. J. Zool.*, 1985; 63: 1582–1589. (In English)
22. *Voesenek C.J., Florian T. Muijres F.T., van Leeuwen J.L.* Biomechanics of swimming in developing larval fish // *J. Exp. Biol.*, 2018; 221: 1–14. (In English)
23. *Van Snik G.M.J., van Den Boogaart J.G.M., Osse, J.W.M.* Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold // *J. Fish Biol.*, 1997; 50: 1339–1352. (In English)
24. *Wakeling J.M., K.M. Kemp, Johnston I.A.* The biomechanics of fast-start during ontogeny the common carp *cyprinus carpio* // *J. Exp. Biol.*, 1999; 202: 3057–306. (In English)

Панов Валерий Петрович – д.б.н., проф. каф. Морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Фалий Станислава Сергеевна – магистрант 1 года обучения факультета зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: sfalij@yandex.ru).

Байдаров Илья Васильевич – Сотрудник лаборатории аквакультуры ЦРЖ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул.Пасечная, 4. Тел. +7-499-976-00-09, e-mail: paajarviru@gmail.com)

Есавкин Юрий Иванович – д.с.х.н., проф. кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул.Пасечная, 4. Тел. +7-499-976-00-09, e-mail: panovval@gmail.com).

Золотова Анастасия Владимировна – к.б.н., доц. каф. Морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: avzolutova@gmail.com).

Valeriy P. Panov – DSc (Bio), Professor, the Department of Morphology and Veterinary Sanitary Examination, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Stanislava S. Falii – 1st-year Master’s student, the Faculty of Animal Science and Biology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7-499-977-14-47; e-mail: sfalij@yandex.ru)

Ilya V. Baidarov – specialist of the Interdepartmental Center of Biology and Animal Husbandry. 127550, Moscow, Pasechnaya Str., 4; e-mail: phone: + 7-499-976-00-09, paajarviru@gmail.com).

Yuri I. Yesavkin – DSc (Ag), Professor, the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Pasechnaya Str., 4; phone: +7-499-976-00-09; e-mail: panovval@gmail.com).

Anastasia V. Zolotova – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Morphology and Veterinary Sanitary Examination; Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-977-14-47, e-mail: avzolutova@gmail.com).