

УДК 597.554.3-151

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ МОЛОДИ ПЛОТВЫ *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae)

© 2010 г. Е. С. Смирнова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н  
e-mail: Smirnova@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию 06.11.2008 г.

Исследовано поведение молоди плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в возрасте 4.5 мес, выращенной с возраста 12 сут после выклева в разных информационно-обогащенных средах (кормление живым и обездвиженным зоопланктоном и бентосом, наличие хищника и постоянного течения в выростной емкости). Исследовательское поведение и локомоторная активность молоди плотвы изучены в кольцевом коридоре, плавательная активность – в гидродинамической установке. В экспериментах показано, что по большинству показателей, характеризующих поведение, молодь плотвы, выращенная в присутствии хищника, достоверно ( $p < 0.05$ ) отличается от молоди плотвы, выращенной в потоке воды и в условиях высокого уровня депривации среды.

**Ключевые слова:** информационно-обогащенная среда, онтогенез, исследовательское поведение, локомоторная активность, поведенческая асимметрия, рыбы, *Rutilus rutilus*.

### ВВЕДЕНИЕ

Поведение животных, в том числе и рыб, состоит из взаимосвязанных реакций, врожденных и приобретенных в процессе жизнедеятельности, и представляет собой одно из наиболее значительных приспособлений к изменяющимся условиям среды. Существенное влияние на поведение животных оказывает объем сенсорной информации, полученной ими в раннем онтогенезе, что может влиять на структуру нейронов мозга и способности к дальнейшему обучению. В многочисленных исследованиях показано глубокое влияние сенсорной стимуляции в раннем онтогенезе на разные виды поведения (исследовательское, оборонительное, пищевое, рео- и оптомоторную реакции), обучение и память, на развитие центральной нервной системы (ЦНС) у взрослых животных [1, 2, 5, 6, 9, 17–19, 25]. Установлено, что условия воспитания молоди рыб в раннем онтогенезе, в частности осетровых и лососевых, существенно влияют на интенсивность синтеза ДНК в клетках мозга [6, 16, 21].

Цель работы – изучить поведение молоди плотвы (сеголетков), выращенных в разных информационно-обогащенных средах.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Условия выращивания.** Исследования проводили в 2006–2007 гг. Объектом исследования служила молодь плотвы *Rutilus rutilus* (L.), полученная путем искусственного оплодотворения от одной пары

производителей. После начала активного плавания (на 12-е сутки после выклева) личинки плотвы по 200 особей были распределены по трем аквариумам емкостью по 225 л. В качестве факторов, создающих информационно-обогащенную среду, выбраны течение, хищник и кормление живым и обездвиженным зоопланктоном и бентосом. Эти факторы выбраны в связи с тем, что скорость течения как в естественных условиях, так и в выростных сооружениях рыбоводных водоемов играет большую роль в развитии молоди рыб. Создание в бассейнах повышенной проточности и кормление молоди в этих условиях приводит к повышению физической выносливости рыб, тренировке их пищедобывательного поведения и способности быстро адаптироваться к условиям природных водоемов. Присутствие хищника в период выращивания решает сразу несколько задач: комплексной тренировки оборонительного, плавательного и пищедобывательного поведения молоди, а также способствует элиминации наиболее слабых особей [15].

Первую группу плотвы (X) содержали в аквариуме вместе с хищником (окунем *Perca fluviatilis* L.). Чтобы исключить полное выедание молоди, хищника помещали в сетчатый садок, расположенный в центре аквариума. Размер ячеек позволял молоди проплывать через садок, тогда как хищник был ограничен в перемещениях, что снижало результативность его охоты и ускоряло обучение молоди. Хищника периодически отсаживали в другой аквариум для дополнительного кормления. Молодь

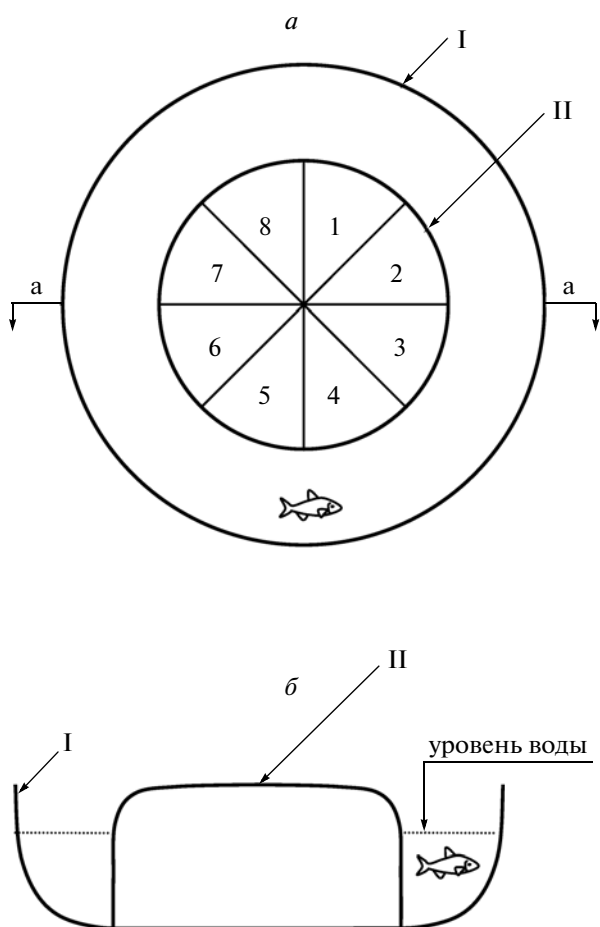


Рис. 1. Кольцевой коридор: а – вид сверху, б – вид сбоку по поперечному разрезу а–а; I – аквариум, II – центральная внутренняя вставка; 1–8 – сектора.

плотвы кормили живым планктоном, отловленным в естественном водоеме.

Вторую группу плотвы (Т) выращивали в аквариуме, где с помощью аквариумной помпы создавали течение, скорость которого увеличивали по мере роста молоди. Молодь этой группы также кормили живым планктоном из естественного водоема.

Третью группу плотвы (К, контроль) выращивали в условиях сенсорной депривации (отсутствие хищника, течения и подвижных кормовых организмов). Для кормления использовали обездвиженный нагреванием воды до температуры 60°C зоопланктон, отловленный в естественном водоеме.

Во всех аквариумах субстрат на дне отсутствовал. Молодь кормили в одно и то же время суток. Температуру воды поддерживали на уровне 20°C, освещение – естественное. Аквариумы периодически чистили и частично заменяли воду.

**Эксперименты по изучению поведения.** После окончания подращивания, которое длилось 4.5 мес, всю молодь (каждую группу отдельно) помещали в аквариумы с одинаковыми условиями, из которых

ее изымали в необходимом количестве для проведения экспериментов. Для исследования поведения молоди плотвы применяли кольцевой коридор и гидродинамическую установку. Опыты проводили в изолированном помещении при отсутствии экспериментатора во избежание его влияния на поведение рыб. Продолжительность экспериментов в кольцевом коридоре 15 мин, в гидродинамической установке 5–20 мин (в зависимости от способности сопротивления рыб потоку воды).

Кольцевой коридор (рис. 1) представляет собой аквариум с центральной внутренней вставкой, сделанной из непрозрачного белого пластика (внешний диаметр 35.5, внутренний – 21, высота 16, ширина коридора 7, толщина слоя воды 6.5 см). На поверхности внутренней вставки нанесена разметка, условно разделяющая канал на восемь равных секторов. Для рыбы данная разметка была не видна и ориентиром служить не могла. Точечный источник света и видекамера располагались на высоте 140 см над центром установки.

Эксперименты в кольцевом коридоре проводили при естественной продолжительности светового дня и температуре воды 18–19°C, с каждой особью 1 раз (использовано по 50 особей каждой группы). Длина тела плотвы группы Х равнялась 40.2, Т – 37.7 и К – 37.3 мм. Для каждой особи определяли следующие поведенческие параметры: адаптационный период (латентное время – время от посадки плотвы в коридор до начала активного плавания); локомоторную активность (число пройденных секторов и время, затрачиваемое на прохождение одного сектора в период активного движения); исследовательскую активность (время движения и количество сделанных поворотов); время покоя; уровень ориентировочной двигательной активности (число секторов, пересеченных рыбой за первые 3 мин эксперимента); уровень фоновой двигательной активности (число секторов, пересеченных рыбой за последние 3 мин эксперимента); показатель активации (ПА), равный 100(ОА/ФА), где ОА – ориентировочная двигательная и ФА – фоновая двигательная активности [6].

Для каждой особи плотвы из групп Х, Т и К вычисляли показатель асимметрии направления движения (по и против часовой стрелки). Показатель асимметрии вычисляли по формуле  $100(R - L)/(R + L)$ , где  $R$  и  $L$  – время движения по и против часовой стрелки соответственно. Определяли также силу асимметрии – среднее значение абсолютных величин индивидуальных показателей. Чем больше это значение, тем сильнее выражена асимметрия направления движения в группе рыб [7].

Гидродинамическая установка (рис. 2) представляет собой замкнутую систему из прозрачного оргстекла. В ее верхней части расположена рабочая камера (длина 80, диаметр 15.5 см), которая ограничена с обеих сторон решетками. Передняя решетка, изготовленная из широких пластин, кроме ограни-

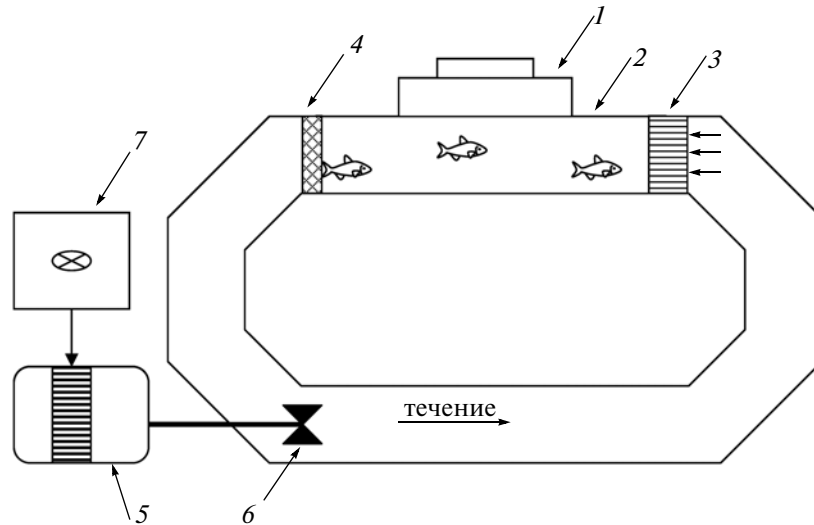


Рис. 2. Гидродинамический лоток: 1 — крышка, 2 — рабочая камера, 3 — передняя широкая заградительная решетка, 4 — задняя решетка, 5 — электродвигатель, 6 — водогонный винт, 7 — блок управления.

чительной функции, служила для выравнивания скоростей в поперечном сечении потока. С помощью электродвигателя, который находился в нижней части установки, создавалось течение воды. Скорость течения регулировали числом оборотов двигателя. На поверхность рабочей камеры через 10 см нанесены отметки. Сбоку от рабочей камеры находилась видеокамера.

Плотва экспериментальных групп, тестируемая в гидродинамической установке, различалась по длине тела: X — 43,3, T — 42,1 и K — 38,8 мм.

Плотву (по три особи из одной группы) помещали в экспериментальную камеру установки. После минутной адаптации создавали течение воды, постепенно увеличивая скорость от 36 до 120 см/с. Эксперимент продолжали до сноса к задней заградительной решетке последней рыбы каждой группы.

В гидродинамическом тесте для каждой особи всех групп определяли плавательную способность (время, в течение которого плотва способна сопротивляться потоку воды); время сноса первой из трех рыб; количество скатываний (к задней стенке рабочей камеры); количество бросков (к передней стенке рабочей камеры); плавательную активность (расстояние, пройденное рыбой за время эксперимента).

В эксперименте использовано по 40 особей каждой группы, каждая особь участвовала в эксперименте 1 раз. Данные обработаны в статистическом пакете STATISTICA 6. Достоверность различий экспериментальных групп по поведенческим параметрам после проверки последних на нормальность распределения оценивали по *t*-критерию для независимых выборок. Для расчета показателей группо-

вой асимметрии применяли одновыборочный *t*-критерий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Кольцевой коридор.** Молодь плотвы, выращенная в присутствии хищника, характеризовалась высокими значениями поведенческих параметров по сравнению с молодью других групп (табл. 1). Латентный период у этой группы был на 30 и 50% короче, чем у молоди плотвы групп T и K соответственно. Число посещений секторов и число поворотов у молоди плотвы группы X было в 1,6 и 2,5 раза больше, чем у рыб групп T и K соответственно. Период движения у плотвы групп X и T был более продолжительным (в 1,5 и 1,3 раза выше показателя контрольной группы). Период покоя оказался минимальным у молоди групп X (в 2,2 раза короче, чем у молоди контрольной группы), у молоди группы T этот показатель был ниже в 1,5 раза. Перечисленные выше показатели у обеих групп достоверно ( $p < 0,05$ ) отличались от контроля. Время, затрачиваемое на прохождение через один сектор, было минимальным у молоди плотвы группы X (в 2 раза меньше, чем у молоди контрольной группы) и достоверно ( $p < 0,05$ ) отличалось от контроля. У молоди группы рыб T этот показатель был на уровне контроля.

Ориентировочная и фоновая двигательные активности у рыб, выращенных в информационно-обогащенных средах (группы X и T), были выше, чем в контроле, в 1,3–2,8 раза (табл. 1). Оба показателя у молоди групп X и T достоверно ( $p < 0,05$ ) отличались от таковых контрольной группы. Достоверных различий по показателю активации у моло-

**Таблица 1.** Основные исследуемые поведенческие показатели молоди плотвы в кольцевом коридоре ( $M \pm m$ )

Показатель	X	T	K
Латентное время, с	17.7 ± 1.4*, **	45.4 ± 7.5*	34.7 ± 6.5
Число пройденных секторов	348 ± 24*, **	221 ± 22*	134 ± 16
Число поворотов	38.0 ± 3.5*, **	23.5 ± 2.3*	16.5 ± 1.2
Время, с:			
движения	697 ± 42*	617 ± 41*	464 ± 45
покоя	201 ± 42*	283 ± 41*	436 ± 45
затрачиваемое на прохождение одного сектора	2.04 ± 0.11*, **	3.44 ± 0.29	3.86 ± 0.30
Коэффициент асимметрии	-9.5 ± 3.0*, **	8.8 ± 4.9	1.4 ± 4.5
Сила асимметрии	17.28 ± 2.14*, **	28.85 ± 2.87	24.76 ± 2.84
ФА	62.7 ± 5.3*, **	44.7 ± 4.7*	22.4 ± 3.6
ОА	82.4 ± 5.6*, **	45.8 ± 4.4*	34.3 ± 3.3
Показатель активации ((ОА/ФА) × 100%)	384 ± 126	259 ± 58	308 ± 63

\*  $p < 0.05$  достоверность различий с контрольной группой.

\*\*  $p < 0.05$  достоверность различий с группой плотвы, выращенной в потоке воды.

**Таблица 2.** Основные показатели плавательной способности молоди плотвы в гидродинамической установке

Показатель	X	T	K
Плавательная способность, с	233 ± 7	644 ± 74*, **	227 ± 10
Плавательная активность, см	449 ± 29	401 ± 34*	504 ± 41
Время сноса, с	204 ± 9	278 ± 24*, **	202 ± 12
Скорость перемещения, см/с	1.9 ± 0.1*	0.8 ± 0.1*, **	2.2 ± 0.2
Количество:			
скатываний	5 ± 0.3	8 ± 0.9*, **	5 ± 0.4
бросков	4 ± 0.3	7 ± 0.9*, **	5 ± 0.4

\*  $p < 0.05$  достоверность различий с контрольной группой.

\*\*  $p < 0.05$  достоверность различий с группой плотвы, выращенной в потоке воды.

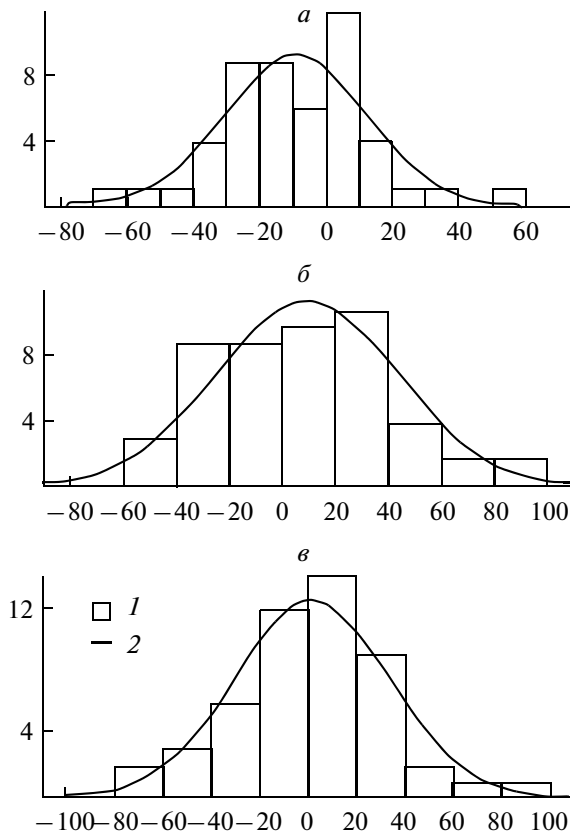
ди плотвы этих экспериментальных групп не наблюдалось.

Средние значения показателя асимметрии направления движения для каждой группы рыб представлены в табл. 2. У молоди плотвы, выращенной совместно с хищником, показатель асимметрии отрицательный, в то время как у групп К и Т этот показатель положительный. Из этого следует, что молодь плотвы группы Х предпочитала движение против часовой стрелки, т.е. у нее доминировало левостороннее движение. Молодь плотвы группы Т предпочитала движение по часовой стрелке (доминировало правостороннее движение). Показатель асимметрии молоди плотвы, выращенной совместно с хищником, достоверно ( $p < 0.05$ ) отличался от показателя асимметрии контрольной молоди и молоди, выращенной в потоке воды, в то время как показатели молоди последних двух групп не различались. Сила асимметрии (табл. 1) у молоди плотвы группы Х была наименьшей и достоверно ( $p < 0.05$ ) отличалась от силы асимметрии молоди групп Т и К (между этими группами достоверных различий не отмечено). Наблюдаемая средняя коэффициента асимметрии и ожидаемая достоверно ( $p = 0.003$ ) различались у молоди плотвы группы Х (рис. 3), в то

время как у молоди групп Т ( $p = 0.07$ ) и К ( $p = 0.76$ ) достоверных различий не обнаружено.

**Гидродинамическая установка.** В данном эксперименте рыбы групп Х и Т были крупнее, чем рыбы из контрольной группы. Но несмотря на меньшую длину, у плотвы группы К наблюдалась наибольшая локомоторная активность (плавательная активность и скорость перемещения). В то же время при одинаковой длине тела у молоди плотвы групп Х и Т наблюдались достоверные ( $p < 0.05$ ) различия по большинству поведенческих показателей. Таким образом, длина плотвы указанных групп не влияла на ее поведенческие показатели в гидродинамическом тесте.

Сравнение плавательной способности молоди плотвы, выращенной в разных информационно-обогащенных средах (табл. 2), показывает, что плотва группы Т обладала наиболее высокой плавательной способностью. Время сопротивления потоку воды плотвы группы Т было в 2.5 раза больше, чем молоди других групп. В этой группе снос первой рыбы (из трех особей в рабочей камере) наступал позже, чем у рыб других групп. Плотва, выращенная в потоке воды, совершала большее количество бросков в рабочей камере. В то же время данная молодь имела низкую плавательную активность и со-



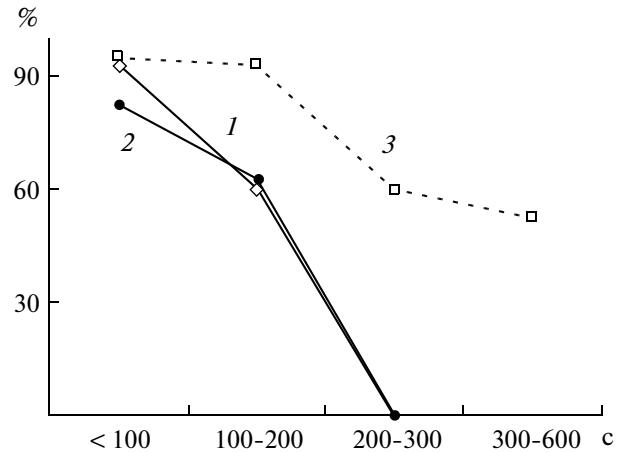
**Рис. 3.** Распределение значения показателя асимметрии внутри каждой группы и сравнение наблюдаемой (1) средней с ожидаемой (2): а–в – группы рыб Х, Т и К соответственно; по оси ординат – количество наблюдений; по оси абсцисс – индивидуальный коэффициент асимметрии.

ответственно скорость перемещения по рабочей камере. Около 50% особей молоди плотвы группы Т сопротивлялись течению на протяжении 15 мин, что в 3 раза дольше, чем молодь двух других групп (рис. 4).

Все показатели плавательной способности молоди плотвы, выращенной в присутствии хищника, близки таковым молоди контрольной группы, и различия их недостоверны. Скорость перемещения плотвы группы Х достоверно ( $p < 0.05$ ) отличалась от таковой молоди плотвы групп Т и К и в первом случае была >58%, во втором ниже на 14%.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Влияние сенсорной стимуляции у животных в раннем онтогенезе на разные виды поведения, обучения и памяти, а также на развитие ЦНС подтверждено многочисленными литературными данными [4–6, 22 и др.]. При выпуске заводской молоди осетровых и лососевых рыб в естественные водоемы изменяется их поведение: наблюдается понижение плавательной способности, нарушается пищедобы-



**Рис. 4.** Устойчивость молоди плотвы, выращенной в разной информационно-обогащенной среде, к потоку воды в гидродинамическом лотке: 1–3 – группы рыб Х, Т, К соответственно; по оси ординат – количество рыб, сопротивляющихся потоку воды, по оси абсцисс – время сопротивления потоку воды, с.

вательное и оборонительное поведение, изменяется окраска тела. Все это приводит к массовой гибели молоди. Отмечены значительные различия по поведению в реке между дикой и заводской молодью рыб [16, 20, 29].

Рядом авторов [8, 10–13, 27] показано, что у многих видов рыб, помещенных в незнакомую обстановку, наблюдали чередование локомоторного и исследовательского поведения, даже если данная обстановка не представляет для них “интереса” (отсутствие каких-либо ориентиров). Прудовая и бассейновая молодь осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) и белорыбицы (*Stenodus leucichthys* (Güldenstädt)) проявляют одинаковую фоновую двигательную активность, однако ориентировочная активность и показатель активации у этих рыб достоверно различаются. Значительное влияние на снижение фоновой двигательной активности молоди севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas) оказывает присутствие хищника [6].

Рыбам свойственна так называемая асимметрия направления движения, когда они в отсутствие ориентиров, направляющих движение, предпочитают двигаться в определенную сторону (вправо или влево) [14, 28]. Причины асимметрии движения принято связывать с функциональной и морфологической асимметрией мозга и сенсорных систем [3, 7, 10, 11, 23, 24]. Первоначально асимметрия поведенческих реакций у рыб могла появиться в связи с выигрышем в скорости обработки сигналов, действующих на рыбу одновременно, но имеющих для нее разный смысл, которые обрабатываются параллельно в противоположных полушариях головного мозга. По этой причине некоторые рыбы предпочитают наблюдать за хищником и за другими особями своего вида двумя глазами одновременно [30].

Сильнее асимметрия реакций на хищников проявляется у особей, знакомых с ними. Среди рыб из местообитаний с высокой численностью хищников преобладают особи, которые рассматривают их правым глазом, а из местообитаний, где хищников меньше, такой особенности поведения не наблюдали [26]. В проведенных экспериментах получены сходные данные. Плотва, выращенная в присутствии хищника, обладает высокими локомоторной и исследовательской активностью, показателем активации и ориентировочной двигательной активностью и низким адаптационным периодом. Фоновая двигательная активность рыб этой группы снижается по отношению к ориентировочной двигательной активности, что обуславливается присутствием хищника [6]. Среди этой молоди (группа X) преобладало “левостороннее” направление движения (>56% всего периода движения). При этом особи наблюдали левым глазом за внутренней перегородкой коридора, правым – следили за возможным появлением хищника. У молоди плотвы, выросшей в потоке воды, доминировало “правостороннее” направление движения (>56% всего периода движения). Молодь плотвы контрольной группы, выросшей с максимальным уровнем сенсорной депривации, не отдавала предпочтение какому-либо направлению движения.

Л. В. Витвицкой с соавт. [5] показано, что молодь севрюги, выращенная в условиях с разным уровнем обогащенности среды (наличие пяти факторов среды), обладала разной динамикой сноса в гидродинамической трубе. Рыбы из эксперимента, где одним из факторов было быстрое течение, наиболее выносливы. Так, молодь, выращенная в максимально информационно-обогащенной среде (затемнение, разнообразие корма, быстрое течение, хищники и каменистое дно), выдерживала скорость течения воды до 400 мм/с. Наименее выносливыми в данном эксперименте оказались группы рыб из максимально обедненной среды. Группы рыб, где одним из главных факторов было наличие хищника (отсутствие течения), обладали промежуточными значениями выносливости [5].

Молодь плотвы группы Т в гидродинамической установке выдерживает максимальные скорости течения (до 120 см/с), более устойчива к потоку и не скатывается (35% рыб данной группы) в течение  $\geq 20$  мин. Молодь плотвы контрольной группы обладала меньшей плавательной способностью, но большей плавательной активностью за счет большей скорости перемещения в гидродинамической установке. Молодь плотвы группы X занимала промежуточное положение между перечисленными выше группами, что подтверждается и хорошо согласуется с литературными данными [5, 6, 26, 30].

**Выводы.** Выращивание молоди рыб в течение 4.5 мес в информационно-обогащенных средах существенно влияет на ее поведение. Наличие течения в окружающей среде на ранних этапах онтоге-

неза повышает сопротивляемость рыбы потоку в гидродинамической установке, т.е. увеличивает ее плавательную способность. В то же время происходит снижение локомоторной и исследовательской активностей, а также увеличение адаптационного периода в кольцевом коридоре. При выращивании молоди в присутствии хищника незначительно увеличивается сопротивляемость потоку воды в гидродинамической установке, в кольцевом коридоре у этой группы укорачивается адаптационный период и увеличивается локомоторная и исследовательская активности рыб. При выращивании молоди в среде с максимальным уровнем депривации (отсутствие потока воды, хищника и кормление обездвиженным зоопланктоном и бентосом) происходит снижение всех исследованных поведенческих реакций. Увеличение уровня депривации среды на ранних этапах развития молоди рыб негативно сказывается на дальнейшем развитии оборонительного, локомоторного и исследовательского поведений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афоница М.О.* Зрительные ориентиры – маркеры биотопов и их роль в поведении рыб с разным образом жизни // *Вопр. ихтиологии.* 2003. Т. 43. № 3. С. 402–410.
2. *Афоница М.О., Михеев В.Н., Павлов Д.С.* Влияние неоднородности среды, воспринимаемой зрением, на обучение поиску корма чернополосых цихлазом, *Cichlasoma nigrofasciatum* (Pisces: Cichlidae) // *Докл. РАН.* 2000. Т. 372. № 4. С. 555–557.
3. *Бианки В.Л.* Асимметрия мозга животных. Л.: Наука, 1985. 295 с.
4. *Витвицкая Л.В., Бикбулатова Л.С., Витвицкий В.Н.* Изменение содержания нуклеиновых кислот и белка в различных отделах мозга крыс, выращиваемых в условиях обогащенной и обедненной среды // *Журн. высш. нерв. деят-сти.* 1982. Т. 32. № 3. С. 455–462.
5. *Витвицкая Л.В., Козлов А.Б., Тихомиров А.М.* Анализ влияния различных факторов в раннем онтогенезе на поведение молоди севрюги // *Журн. высш. нерв. деят-сти.* 1994. Т. 44. № 3. С. 516–525.
6. *Витвицкая Л.В., Никоноров С.И., Кучеров О.А., Саидов Х.Ю.* Структурные, функциональные и молекулярные характеристики центральной нервной системы молоди рыб, выращенной в экологически различных условиях // *Журн. высш. нерв. деят-сти.* 1985. Т. 35. № 5. С. 884–890.
7. *Извеков Е.И., Непомнящих В.А., Медянцева Е.Н. и др.* Асимметрия направления движения и морфологических признаков у плотвы (*Rutilus rutilus*) // *Журн. Асимметрия.* 2008. Т. 2. № 1. С. 21–31.
8. *Касимов Р.Ю.* Сравнительная характеристика поведения дикой и заводской молоди осетровых в раннем онтогенезе. Баку: Элм, 1980. 135 с.
9. *Михеев В.Н.* Неоднородность среды и трофические отношения у рыб. М.: Наука, 2006. 190 с.

10. Непомнящих В.А. Модель асимметрии направления движения золотых рыбок // Матер. докл. Междунар. конф. М.: Акварос, 2005. С. 370–374.
11. Непомнящих В.А., Гремячих В.А. Связь между структурой траектории и асимметрией выбора направления движения у тилапии *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) // Журн. общ. биологии. 1993. Т. 54. № 5. С. 619–626.
12. Непомнящих В.А., Гремячих В.А. Модель исследовательского поведения *Cyprinus carpio* L. и *Carassius auratus* L. (Cyprinidae: Pisces) // Журн. общ. биологии. 1997. Т. 58. № 1. С. 60–69.
13. Непомнящих В.А., Гремячих В.А., Подгорный К.А. Цикличность и оптимизация поведения животных // Успехи соврем. биологии. 1995. Т. 115. № 4. С. 432–438.
14. Непомнящих В.А., Извеков Е.И. Асимметрия поведенческих реакций костистых рыб: наследования, адаптивное значение и морфофункциональные корреляты // Вопр. ихтиологии. 2007. Т. 47. № 6. С. 827–836.
15. Никоноров С.И., Витвицкая Л.В. Эколого-генетические проблемы искусственного воспроизводства осетровых и лососевых рыб. М.: Наука, 1993. 254 с.
16. Никоноров С.И., Витвицкая Л.В., Тихомиров А.М. и др. Сенсорная стимуляция и двигательная нагрузка – экологически адекватные способы повышения адаптивных возможностей осетровых и лососевых рыб искусственного воспроизводства // ДАН СССР. 1989. Т. 309. № 3. С. 749–752.
17. Павлов Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука, 1979. 319 с.
18. Протасов В.Р. Зрение и ближняя ориентация рыб. М.: Наука, 1968. 206 с.
19. Сбикин Ю.Н., Лепская В.А. Плавательная способность молоди осетровых как критерий ее жизнестойкости // Рыб. хоз-во. 1982. № 8. С. 22–23.
20. Смирнов Ю.А., Шустов Г.А., Щуров И.Л. Экологические аспекты поведения дикой и заводской молоди семги // V съезд Всесоюз. гидробиол. о-ва: Тез. докл. Куйбышев, 1986. Ч. 2. С. 150–151.
21. Тихомиров А.М., Витвицкая Л.В. Влияние электрической и акустической стимуляции в раннем онтогенезе на характеристики высшей нервной деятельности и содержание нуклеиновых кислот в различных тканях молоди кеты // Журн. высш. нерв. деят-сти. 1990. Т. 40. № 6. С. 1169–1174.
22. Шушелова А.Ю. Выращивание крыс в социально-обогащенной среде изменяет их исследовательскую активность и способность к обучению // Журн. высш. нервн. деят-сти. 2000. Т. 50. № 4. С. 667–675.
23. Bisazza A., Rogers L.J., Vallortigara G. The origins of cerebral asymmetry: A review of evidence of behavioral and brain lateralization in fishes, reptiles and amphibians // Neurosci. Behav. Rev. 1998. V. 22. № 3. P. 411–426.
24. Bisazza A., Vallortigara G. Rotational swimming preferences in mosquitofish: Evidence for brain lateralization? // Physiol. Behav. 1997. V. 62. № 6. P. 1405–1407.
25. Boer J.N., Heuts B.A. Prior exposure to visual cues affecting dominance in the jewel fish *Hemichromis bimaculatus* Gill 1982 (Pisces, Cichlidae) // Behavior. 1973. V. 44. P. 299–321.
26. Brown C., Gardner C., Braithwaite V.A. Population variation in lateralized eye use in the poeciliid *Brachyraphis epiccope* // Proc. Roy. Soc. Lond. B. 2004. Suppl. 04BL0121. P. S1–S3.
27. Kleerekoper H., Matis J.H., Gensler P.J., Maynard P. Exploratory behaviour of goldfish *Carassius auratus* // Anim. Behav. 1974. V. 22. № 1. P. 124–132.
28. Nepomnyashchikh V.A., Izvekov E.I. Variability of the behavioral laterality in Teleostei (Pisces) // J. Ichthyol. 2006. V. 46. Suppl. 2. P. S235–S242.
29. Symons P.E.K. Greater dispersal of wild compared with hatchery-reared juvenile Atlantic salmon released in streams // J. Fish. Res. Board Can. 1969. V. 26. № 7. P. 1867–1876.
30. Vallortigara G. Comparative neuropsychology of the dual brain: a stroll through animals left and right perceptual worlds // Brain and Language. 2000. V. 73. P. 189–219.

## The Effect of Environmental Moulds on the Development of Behavior of Roach *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae)

E. S. Smirnova

*Institute for Biology of Inland Waters RAS, 152742 Borok, Russia*

The behavior of roach *Rutilus rutilus* (L.) raised at different levels of habitat diversity (feeding with live and immobilized zooplankton and benthos, presence of predator and constant flow in the nursery aquarium) in the early ontogeny (from the 12-th day after hatching) in the circular chamber and hydrodynamic conduit was studied. An exploratory behavior and roach swimming trajectory in the first test and swimming activity in the second test were evaluated. It was experimentally shown that searching behaviour and locomotion activity of roach fry raised under different conditions differed significantly ( $p < 0.05$ ).

*Key words:* environmental richness, ontogeny, searching behaviour, motor activity, behavioral laterality, fish, *Rutilus rutilus*.