

УДК 639.3:597.442(06)

ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ ПРИ ПРУДОВОМ И БАССЕЙНОВОМ ПОДРАЩИВАНИИ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

О.Л. Васюра

Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН,
Россия, 152172, Ярославская обл., Некоузский район, пос. Борок
E-mail: vasura08@mail.ru

Показано, что уровень информационной обогащенности среды, в которой выращивается молодь рыб на ранних стадиях онтогенеза, является одним из определяющих факторов, способствующих развитию у нее важнейших адаптивных форм поведения. Для передержанной в заводских бассейнах молоди были характерны минимальные индексы наполнения желудочно-кишечных трактов, отсутствие прироста массы и размеров тела, а также спектр питания, сильно отличающийся от такового в естественных условиях. В рационе этой группы преобладали организмы эпибентоса, обнаруживаемые рыбами с помощью вкусовых и тактильных рецепторов, в то время как доля беспозвоночных инфавуны, для поиска которых необходимы обоняние и электрорецепция, была минимальной. Длительное развитие молоди в условиях сенсорной депривации приводит к закреплению у нее неадекватных поведенческих навыков, что затрудняет процесс условно-рефлекторного переключения при попадании такой молоди в естественную среду.

искусственное воспроизводство, стерлядь, заводское содержание, прудовое содержание, сроки выпуска, питание, интенсивность питания, двигательная активность

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплен обширный материал о недостаточной способности массово выпускаемой искусственно выращенной молоди к адаптации в естественных условиях. Известно, что в бассейнах рыбоводных заводов молодь подвергается "одомашниванию", при котором отсутствие стимулов, вызывающих формирование необходимых навыков, приводит к существенному снижению двигательной и ориентировочно-исследовательской активности и ухудшает способности выпускаемых молодых особей к обучению сложным навыкам. Тем самым ограничивающим фактором выживания молоди является недостаточное развитие поведенческих навыков, необходимых для добывания пищи и избегания хищников в условиях естественного водоема. При этом основным лимитирующим фактором выживания заводской молоди становится закрепление у нее в условиях заводских емкостей навыков пищевого и оборонительного поведения, неадекватного требованиям естественной среды, в которую она выпускается. Основной проблемой, несмотря на длительную историю искусственного воспроизводства рыб, по-прежнему остается вопрос об эффективности данного метода восстановления популяций исчезающих видов рыб.

Цель работы – изучение особенностей формирования пищевого поведения у молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперимент проводился на Чернозаводском рыбоводном заводе (Ярославская обл.), который осуществляет выращивание молоди стерляди с

целью ее искусственного воспроизводства. Технология выращивания предусматривает пересадку молоди стерляди, перешедшей на внешнее питание, в установку с замкнутым типом водоснабжения с последующим перемещением в адаптационные пруды, из которых она, достигнув навески около 5-5,5 г, выпускается в естественную среду.

В 2010 – 2012 гг. личинка стерляди, полученная искусственным путем, сначала содержалась в одинаковых заводских условиях в стандартных пластиковых бассейнах ИЦА – 17Н (2000 × 2000 × 700 мм) с рабочим объемом 2 м³. Выращивание проходило при температуре 23 °С. После перехода на внешнее питание молодь кормили науплиусами артемии, а затем искусственными кормами фирмы «BioMag». Молодь содержалась в бассейнах до навески 0,5-1,0 г, кормление производили в первые дни каждый час, затем – каждые два часа и в дальнейшем – каждые четыре часа, перед пересадкой в пруды периодичность кормления составляла шесть часов. Объем задаваемого корма устанавливали в соответствии с рекомендациями производителя. При раздаче корма осуществлялся визуальный контроль его потребления.

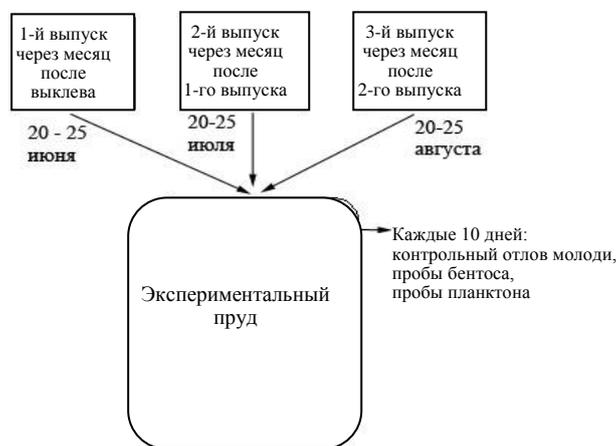


Рис. 1. Схема эксперимента
Fig. 1. The experimental scheme

Для проведения эксперимента в двух бассейнах оставляли 1000 особей (900 особей для проведения эксперимента и 100 ремонтных особей на случай отхода). Их продолжали содержать при температуре 23 °С и давали корм INICIO Plus G фирмы «BioMag» через каждые шесть часов. Первая группа этих особей (300 шт.; группа В1) выпускалась 10 июля в пруд площадью 2500 м² (50 × 50 м). Вторая группа (300 шт.; В2) была помечена подрезанием первой половины лучей анального плавника и выпущена в этот же пруд 10 августа. Третья группа особей (300 шт.; В3), также помеченных, но подрезанием второй половины лучей анального плавника, – 10 сентября (рис.1). При контрольных обловах по этим меткам определяли время выпуска каждой пойманной особи в пруд. С момента выпуска первой группы пруд раз в десять дней там отбирали пробы планктона, бентоса, а у молодежи, отловленной мальковой волокушей, исследовали содержимое желудочно-кишечного тракта, измеряли длину и массу тела. Содержание в прудах продолжалось до 10 октября. Сравнительное исследование пищевого поведения бассейновой и прудовой молоди в лабораторных условиях осуществлялось в аквариумах с площадью дна 0,8 м², на которое насыпался слой песка. Трижды в сутки (по 15 мин) молодь стерляди

кормили личинками хирономид, которые закапывались в песок по всей площади аквариумов. На аквариумах ставились контрольные линии для изучения поискового поведения.

При оценке достоверности различий между показателями молоди разных выпусков использовался U-критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Питание в прудах. В 2010 и 2012 гг. вес содержимого желудочно-кишечных трактов у молоди первого и второго выпусков находился приблизительно на одном уровне и был достоверно выше, чем у молоди третьего выпуска (рис. 2). В качественном отношении спектры питания стерляди разных сроков выпуска были сходными. Основу питания составляли личинки хирономид и поденок, часто встречались личинки комаров *Chaoborus* sp., а в 2010 г. - водяные клопы сем. Corixidae, личинки стрекоз, нематоды и планктонные организмы. Но соотношение этих пищевых компонентов у молоди стерляди разных сроков выпуска в конце периода прудового содержания было разным. Молодь первого выпуска питалась в основном личинками хирономид и поденок.

Доля остальных организмов, среди которых в 2010 г. доминировали клопы семейства Corixidae, была незначительной. У молоди второго и особенно третьего выпусков 2010 - 2012 гг. она для личинок хирономид была значительно ниже, чем у первой группы, но выше доля других организмов. Например, в 2010 г. удельный вес водяных клопов сем. Corixidae среди особей второго и третьего выпусков был в 2-4 раза выше, чем у первого. Содержание планктонных организмов среди особей указанных групп составляло сотые доли %.

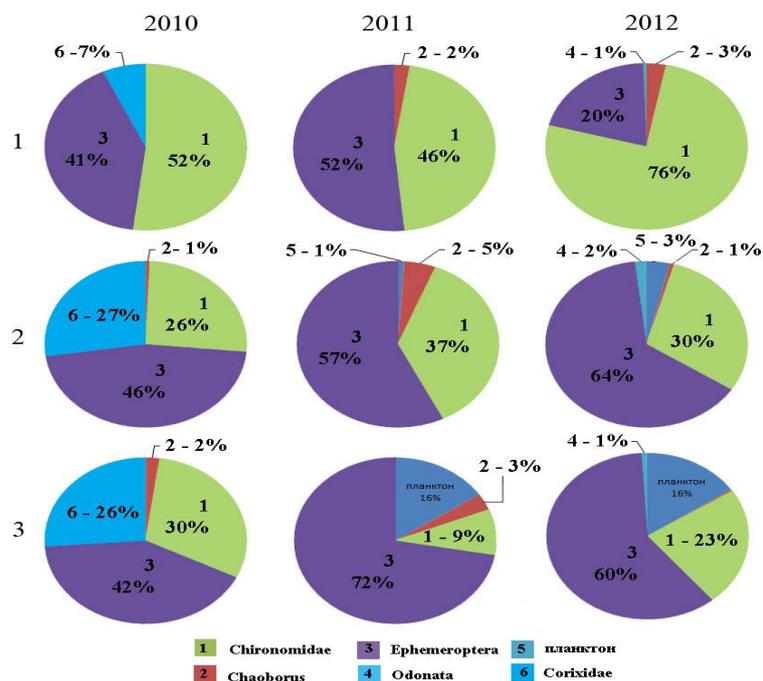


Рис. 2. Спектр питания молоди стерляди разных выпусков к концу периода прудового содержания

Fig. 2. Food spectrum of young starlet different editions by the end of the period of detention pond

Пищевое поведение в лабораторных условиях. Экспериментальное сравнение пищевого поведения молоди, подращиваемой в течение трёх месяцев в бассейнах, с прудовой молодью того же возраста показало, что интенсивность питания прудовой молоди достоверно выше (соответственно, 52 ± 9 и 34 ± 6 шт. личинок хирономид за 15 мин). При этом у прудовой молоди наблюдалось более активное поисковое поведение (соответственно, 930 ± 84 и 650 ± 45 пересечений контрольных линий за 15 мин) (рис.3).

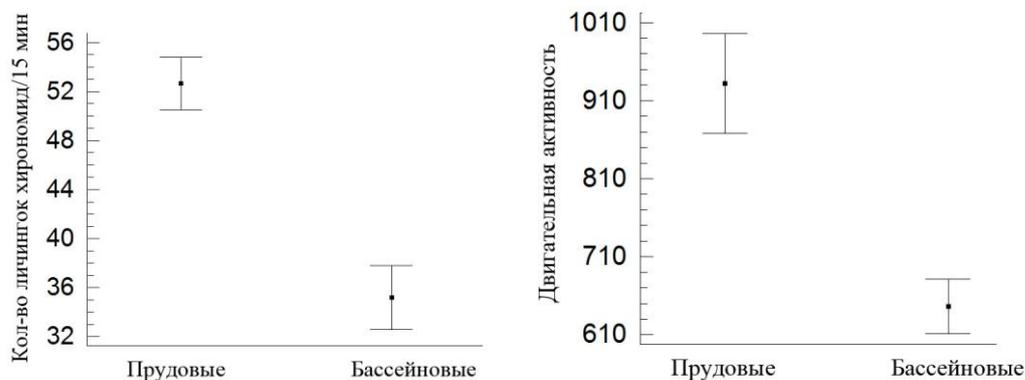


Рис. 3. Интенсивность питания и двигательная активность прудовой и бассейновой молоди стерляди
 Fig. 3. The intensity of feeding and physical activity of the pond and basin young starlet

Пищевое поведение прудовой молоди характеризовалось большим единообразием, кривая распределения частот значений имела выраженный пик (эксцесс $Ex = 7,62$), у бассейновой молоди наблюдался большой разброс значений ($Ex = -0,48$). Сходная картина отмечена и при сравнении распределения значений двигательной активности (соответственно, $Ex = -0,27$ и $Ex = -0,48$) (рис. 4, 5)

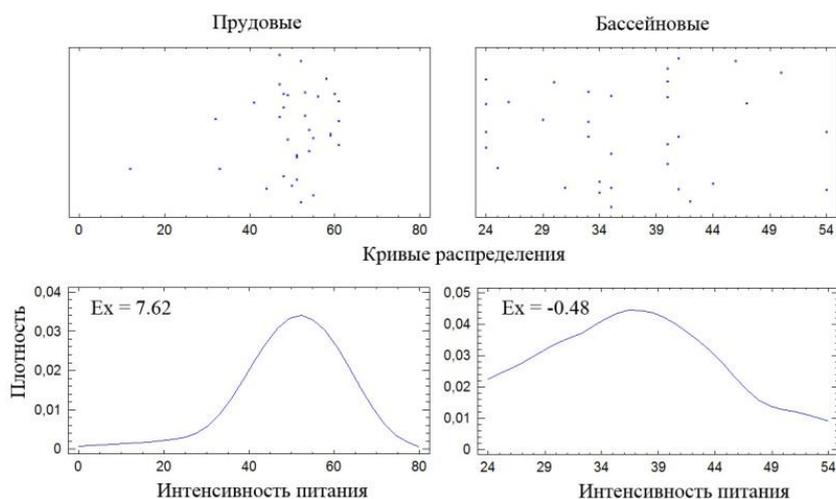


Рис. 4. Характеристика интенсивности питания прудовой и бассейновой молоди стерляди
 Fig. 4. Characteristic of feeding intensity of the pond and basin young starlet

Интенсивность питания прудовой молоди в условиях аквариума увеличивалась по мере адаптации к новым условиям ($b=0,42; r=0,42;p\leq 0,05$), у бассейновой, напротив, наблюдалось её снижение ($b=-0,49; r=-0,56;p\leq 0,05$). Очевидно, это было связано с понижением температуры воды в аквариумах ($b=-0,21; r=-0,88;p\leq 0,05$), бассейновая молодь, которая содержалась при постоянной температуре, сильнее реагировала на уменьшение температуры, чем прудовая, адаптированная к жизни в условиях переменных температур (рис.6).

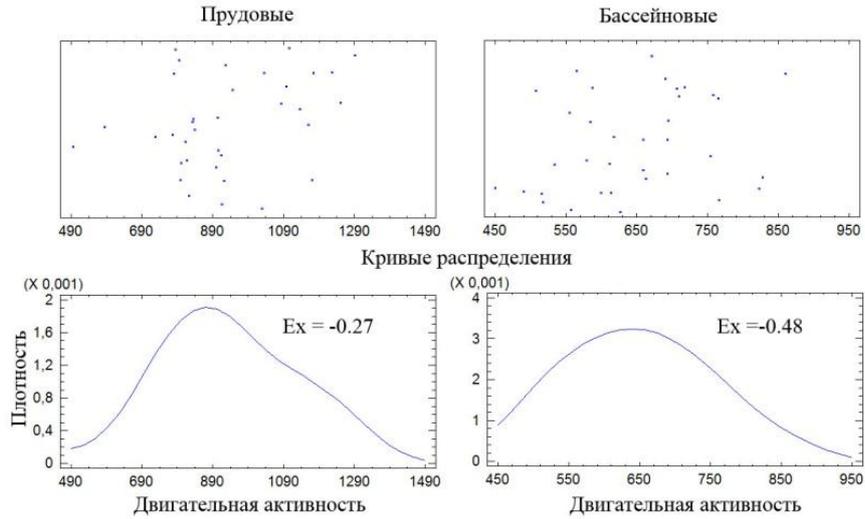


Рис. 5. Характеристика двигательной активности прудовой и бассейновой молоди стерляди
 Fig. 5. Characteristic of physical activity of the pond and basin young starlet

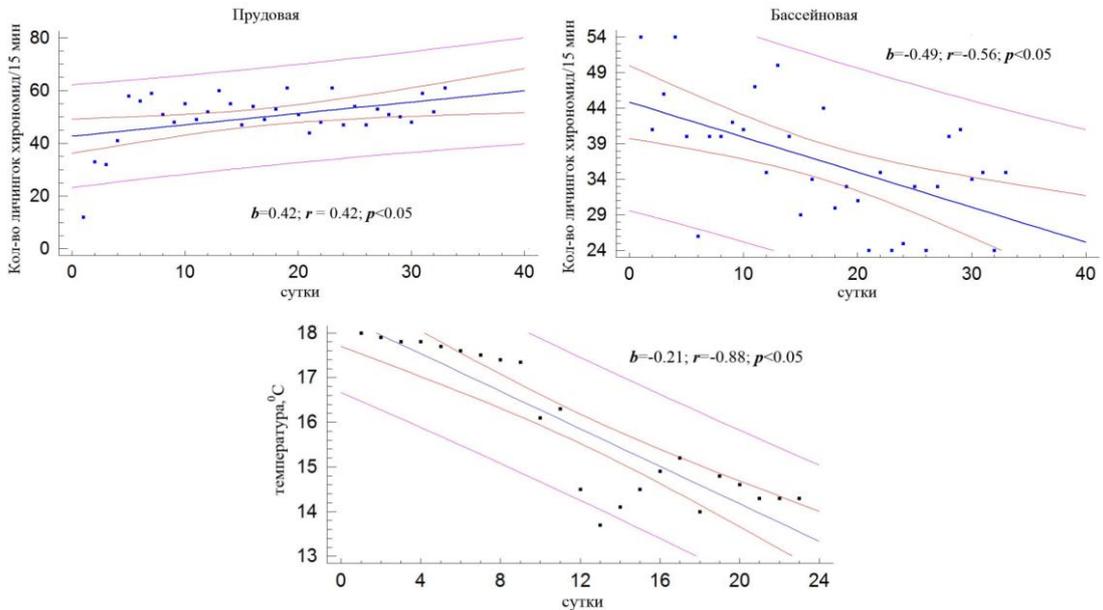


Рис. 6. Динамика интенсивности питания прудовой и бассейновой молоди стерляди
 Fig. 6. Dynamics of feeding intensity of the pond and basin young starlet

У прудовой молоди наблюдалась четкая суточная динамика пищевой активности с пиком в утренние часы, у бассейновой молоди достоверные различия и в интенсивности питания, и в двигательной активности в течение суток отсутствовали.

Питание в естественных условиях. В 2012 г. в Угличском водохранилище на русловом участке против устья р. Нерль (глубина 12,5 м) донным тралом были отловлены 12 шт. двухлеток стерляди. Размер особей колебался от 18 до 22 см. По данным Верхневолжского отделения ГосНИОРХа (г. Конаково), в начале сентября 2011 г. в этом районе с Конаковского рыбоводного завода выпускалась молодь стерляди (общее количество 7000 шт., навеска 2,5 – 3,5 г). Большая часть выловленных рыб была отпущена, у пяти особей, сильно поврежденных в трале, проанализировано содержимое желудочно-кишечного тракта. Основу их питания составляли планктонные ракообразные. При этом 93% от веса содержимого приходилось на *Leptodora kindti*, а остальное – на рачков из рода *Daphnia*. Индекс наполнения составлял всего 30⁰/₀₀₀.



Рис. 7. Спектр питания и индекс наполнения желудочно-кишечных трактов искусственно разведенной молоди стерляди (2+), выловленной в Угличском водохранилище и оз. Чистое (Горьковское водохранилище)

Fig. 7. The range of food and index content gastro-intestinal tracts of hatchery juvenile sturgeon (2 +) caught in the Uglich Reservoir and Lake Pure (Gorky reservoir)

Для сравнения в р. Черной (приток Горьковского водохранилища) были отловлены двухлетки стерляди, выпущенные с Чернозаводского рыбоводного завода. Спектр их питания состоял в основном из личинок комаров сем. Chironomidae. Наиболее часто встречался *Chironomus sp. plumosus* (77,4% по весу содержимого). Другие личинки хирономид разных видов составляли 16% от веса содержимого, ракообразные (представители отрядов Cladocera и Cyclopoida) – всего 2,4%.

Бентос на участке Угличского водохранилища, где была отловлена молодь стерляди, состоял в основном из личинок хирономид – *Ch. sp. plumosus*. В пятисантиметровом поверхностном слое ила их численность составляла 450 шт./м², а биомасса 7,4 г/м², сходные характеристики имел и бентос р. Черной (380 шт./м²; 7,0 г/м²). Тем не менее, в питании стерляди, отловленной в Угличском водохранилище, бентосные организмы не были отмечены, а в р. Черной они составляли основу её питания.

ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку молодь всех групп в течение этого периода находилась в одном и том же пруду, различия в приростах, очевидно, были обусловлены качеством самой молоди и в первую очередь ее способностью эффективно добывать корм в прудовых условиях.

Полученные результаты показывают, что у молоди первого выпуска было отмечено самое высокое наполнение желудочно-кишечных трактов. При этом пища молоди первого выпуска в основном состояла из организмов инфауны, обитающих в толще донного субстрата, тогда как у рыб второго и третьего выпусков доля этих организмов не превышала 30%, а доминировали беспозвоночные эпибентоса, пребывающие на поверхности дна. На преимущественное питание стерляди первого выпуска инфауной указывает и существенно большее содержание в их желудочно-кишечных трактах нематод.

В естественных условиях молодь стерляди с момента перехода на активное питание начинает потреблять бентосные организмы, в основном личинок хирономид. Обычными организмами в питании являются личинки ручейников, поденок, веснянок и других насекомых, реже встречаются олигохеты и моллюски [1-5]. Следовательно, спектр питания молоди первого выпуска в большей степени, чем у второго и третьего, соответствовал спектру питания дикой стерляди в естественных условиях.

По данным Касимова [6], длительное содержание молоди в бассейнах не позволяет получить рыб с достаточно развитыми навыками эффективного функционирования в естественной среде. Установлено, что у осетровых обоняние играет роль ведущего дистантного органа чувств, с помощью которого они получают информацию о присутствии кормовых объектов и мест их локализации в водоеме [7]. Дефинитивный уровень обонятельной чувствительности к пищевым запахам достигается у осетровых в течение второго месяца жизни [8]. Способность к дифференцированному восприятию различных вкусовых химических стимулов возникает у молоди осетровых рыб в первые дни после перехода к активному питанию [9]. О роли органов электрорецепции в поведении осетровых рыб свидетельствует раннее появление у них многочисленных ампулярных рецепторов [10-21].

Из всех перечисленных рецепторов в заводских условиях эффективно участвуют в поиске пищи только тактильные и вкусовые. Роль обоняния как дистантного органа чувств при поиске корма в условиях постоянной циркуляции воды в бассейнах, когда запах корма быстро распространяется по всему водоёму, невелика. Практически бесполезны и органы электрорецепции, предназначенные для восприятия чрезвычайно слабых электрических полей природного происхождения [7]. В естественных условиях они позволяют осетровым находить добычу – беспозвоночных, которые эти поля генерируют, но только в живом виде. Кроме того, в условиях завода на эти высокочувствительные рецепторы, вероятно, могут воздействовать сильные электрические поля многочисленных электроприборов (освещение, электромоторы и т.д.), что, очевидно, также не способствует выработке полезных в обычной среде обитания условных рефлексов на слабые электрические раздражители.

Выработка у молоди осетровых поведенческой реакции на пищевые химические раздражители происходит и завершается одновременно с

формированием дефинитивного уровня обонятельной чувствительности к пищевым химическим сигналам, т.е. к началу второго месяца жизни [8]. Следовательно, при более длительном развитии молоди в условиях сенсорной депривации у нее закрепляются неадекватные поведенческие навыки на эти раздражители.

Очевидно, что отсутствие или недоразвитие поведенческих навыков поиска пищи с использованием обоняния и электрорецепции значительно снижает эффективность поискового поведения заводской молоди стерляди, и особенно негативно это должно отразиться на поиске организмов инфауны, которые, находясь в толще субстрата, плохо регистрируются вкусовыми и особенно тактильными рецепторами. Это подтверждается тем, что в питании молоди самого позднего выпуска преобладали организмы эпибентоса, которых рыбы могли обнаружить с помощью вкусовых и тактильных рецепторов, в то время как доля беспозвоночных инфауны, для поиска которых необходимы обоняние и электрорецепция, была минимальной.

На Конаковском заводе отсутствуют адаптационные пруды, и молодь стерляди до момента выпуска содержится в бассейнах на искусственных кормах, что не способствует приобретению соответствующих навыков питания, необходимых в естественной среде. Об этом же свидетельствует то, что стерлядь, выпущенная с Конаковского завода в Угличское водохранилище с навеской 2,5 – 3,5 г, достигла веса 22-34 г только на второй год, тогда как стерлядь на Чернореченском заводе, выпускаемая в пруды в конце июня с навеской 0,47 – 1,57 г, питаясь в основном бентосными организмами (без подкормки искусственными кормами) – более 20 г уже к концу сентября.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, уровень информационной обогащенности среды, в которой выращивается молодь рыб на ранних стадиях онтогенеза, является одним из определяющих факторов, способствующих развитию у нее важнейших адаптивных форм поведения. Длительное развитие молоди в условиях сенсорной депривации приводит к закреплению у нее неадекватных поведенческих навыков, что затрудняет процесс условно-рефлекторного переключения при попадании такой молоди в естественную среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Загора, Л.П. Питание стерляди Волгоградского водохранилища и использование ею кормовой базы водоема: автореф. ... дис. канд. биол. наук / Л.П. Загора. – Л.: ГосНИОРХ, 1974. – С. 9-11.
2. Капкаева, Р.З. Питание стерляди в условиях зарегулированного стока р. Волги / Р.З. Капкаева, Д.А. Хайбуллина // Осетровое хозяйство водоемов СССР: крат. тез. науч. докл. к предстоящему Всесоюз. совещ. (ноябрь, 1989 г.). – Астрахань, 1989. – Ч.1. – С.130-131.
3. Состояние запасов и перспективы восстановления численности стерляди в Чебоксарском водохранилище / Г.А. Ненашев [и др.] // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации. – М., 2004. – С. 193-201.

4. Новоселов, А.П. Стерлядь бассейна реки Северная Двина / А.П. Новоселов // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации: сб. ст. – М.: ФА по рыболовству. - 2004. - С. 160-173.
5. Стрельникова, А.П. Питание молоди стерляди *Acipenser ruthenus* (Acipenseridae) в среднем течении реки Дунай / А.П. Стрельникова // Вопросы ихтиологии. – 2012. – Т. 52, № 1. – С. 1–6.
6. Касимов, Р.Ю. Сравнительная характеристика поведения заводской и дикой молоди осетровых в раннем онтогенезе / Р.Ю. Касимов. - Баку: Элм, 1980. - 135 с.
7. Протасов, В.Р. Введение в электроэкологию / В.Р. Протасов, А.И. Бондарчук, В.М. Ольшанский. – М.: Наука, 1982. - 336 с.
8. Касумян, А.О. Формирование поисковой поведенческой реакции и обонятельной чувствительности к пищевым химическим сигналам в онтогенезе осетровых рыб (Acipenseridae) / А.О. Касумян, А.Л. Кажлаев // Вопросы ихтиологии. – 1993. - Т. 33, № 2. - С. 271–280.
9. Касумян, А.О. Поведенческая реакция молоди осетровых рыб на естественные химические пищевые сигналы / А.О. Касумян, А.Л. Кажлаев // Хемочувствительность и хемокоммуникация рыб. – М.: Наука, 1989. – С. 167-174.
10. Никольская, М.П. Развитие системы ампулярных рецепторов у осетрообразных рыб (Chondrostei, Acipenseriformes) и ее функциональное значение / М.П. Никольская // Сигнализация и поведение рыб: сб. тр. – Апатиты, 1985. - С. 46 - 56.
11. Болдина, И.К. О питании стерляди в Горьковском водохранилище / И.К. Болдина // Труды Института биологии водохранилищ. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. - 1961. - Вып. 4(7). - С. 272–280.
12. Герасимов, Ю.В. Современное состояние стад стерляди в водоемах верхней Волги и перспективы их искусственного воспроизводства / Ю.В. Герасимов, Л.Е. Васюра, А.П. Стрельникова // Состояние популяции стерляди в водоемах России и пути их стабилизации. – М.: Федеральное агентство по рыболовству, 2004. - С. 59-74.
13. Герасимов, Ю.В. Влияние условий среды разной обогащенности в раннем онтогенезе на пищевое и оборонительное поведение молоди леща *Abramis brama* (Cyprinidae) / Ю.В. Герасимов, И.А. Столбунов // Вопросы ихтиологии. – 2007. - Т. 47, № 2. - С. 253–261.
14. Драгомиров, Н.И. Основные черты возрастных изменений в поведении личинок осетровых рыб / Н.И. Драгомиров // Доклады АН СССР. - 1953. - Т. 93, № 4. - С. 725-728.
15. Касимов, Р.Ю. Особенности постэмбрионального формирования конечного мозга и условно-рефлекторных реакций у осетровых рыб / Р.Ю. Касимов, Д.К. Обухов, Э.К. Рустамов // Вопросы ихтиологии. - 1986. - Т. 26, № 3. - С. 427-434.
16. Киселев, А.Ю. Биологические основы и технологические принципы разведения и выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым циклом водообеспечения: автореф. ... дис. докт. биол. наук / А.Ю. Киселев. – М., 1999. - 62 с.
17. Мильштейн, В.В. Осетроводство: учеб. пособие / В. В. Мильштейн. – 2-е изд., перераб.и доп. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. - 152с.

18. Никоноров, С.И. Эколого-генетические проблемы искусственного воспроизводства осетровых и лососевых рыб / С.И. Никоноров, Л.В. Витвицкая. – М.: Наука, 1993. - 254 с.

19. Павлов, Роль органов чувств при питании молоди осетровых рыб / Д.С. Павлов, Ю.Н. Сбикин, И.К. Попова // Зоологический журнал. - 1970. - Т. 49, Вып. 6. - С. 872 - 880.

20. Смирнова, Е.С. Влияние условий среды в период раннего онтогенеза на формирование оборонительного поведения у молоди плотвы *Rutilus rutilus* (Сургинidae) / Е.С. Смирнова, Ю.В. Герасимов // Вопросы ихтиологии. - 2010. - Т.50, № 1. - С. 130–140.

21. Черфас, Б.И. Рыбоводство в естественных водоемах / Б.И. Черфас. – М.: Пищепромиздат. - 1956. - 458 с.

FEEDING BEHAVIOR OF YOUNG STERLETS *ACIPENSER RUTHENUS* (ACIPENSERIDAE) AT POND AND BASIN REARING IN ARTIFICIAL CONDITIONS

O.L.Vasyura

It is shown that the level of information richness of the environment in which the juvenile fish were raised at early stages of ontogenesis is one of the determining factors for the development of the most important adaptive patterns of behavior. Minimal values of fullness index, lower body weight, and shorter length, along with a feeding spectrum strongly differing from that in natural conditions, are characteristics of juvenile fish kept preliminarily in the hatchery. The food of this group of fish is dominated by organisms of epibenthos, which may have been detected by the fish using gustatory and tactile receptors. At the same time, the proportion of infaunal invertebrates, the detection of which is only possible using olfaction and electric reception, is minimal. The prolonged development of juvenile fish under conditions of sensory deprivations leads to inadequate behavioral skills, making the process of conventionally reflective “switching” upon the release of such juvenile fish in the wild more difficult.

artificial reproduction, sterlet, raising in hatchery, raising in ponds, time of release, feeding, feeding intensity, physical activity