

М. Н. Сорокина, А. В. Ковалёва, Е. Н. Пономарёва

**РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ МОЛОДИ СУДАКА  
*SANDER LUCIOPERCA* (LINNAEUS, 1758)  
К ВЫРАЩИВАНИЮ В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Введение**

Судак *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) [1] – ценная промысловая хищная рыба семейства окуневых. Является одним из основных пресноводных промысловых видов рыб. Однако в последние десятилетия под влиянием антропогенных факторов запасы судака значительно сократились и находятся в депрессивном состоянии [2, 3].

В Азовском море интенсивность изъятия судака промыслом в первой половине XX в. находилась на уровне 60 % от численности популяции в год. Тем не менее запас, а соответственно, и уловы, оставались высокими. При ослаблении промысла, даже кратковременном, численность судака значительно увеличивалась. Столь высокая пластичность популяции судака, служившая основой высокоинтенсивного, но стабильного промысла, обеспечивалась главным образом двумя факторами. Во-первых, наличием большого количества высокопродуктивных нерестилищ, общая площадь которых, по подсчетам разных авторов, достигала 5–7 тыс. км<sup>2</sup> [4]. Во-вторых, низкой соленостью Азовского моря (в среднем 9,5–10,5 ‰), что позволяло судаку осваивать кормовые объекты практически на всей его акватории, включая Таганрогский залив. Оба фактора во многом зависят от гидрологического режима рек, впадающих в Азовское море. Поэтому антропогенное преобразование стока двух наиболее крупных рек Азовского бассейна – Дона и Кубани – не могло не оказать влияния на всю экосистему Азовского моря, в том числе и на состояние популяции полупроходного судака.

Изменение гидрологических условий и последовавшие за ними гидробиологические преобразования оказали влияние на ихтиофауну Азовского моря в целом [5, 6], в том числе на популяцию полупроходного судака [7]. Наблюдается неуклонное сокращение запасов, снижение эффективности естественного и искусственного воспроизводства судака. Так, если в 1930-е гг. уловы судака в Азовском бассейне достигали 74 тыс. т, то к 1990–2004 гг. они снизились до 1–3 тыс. т.

В Волго-Каспийском бассейне запасы судака находятся в критическом состоянии, его вылов в 2005–2006 гг. составлял 0,38–0,42 тыс. т, что в 5 раз меньше, чем в начале 1990-х гг. Численность молоди судака на нерестилищах дельты Волги в последние годы очень низкая, в 2005 г. она не превысила 0,4 тыс. экз./га [3]. Произошло снижение таких показателей, как средняя масса и длина рыб. Сокращение в структуре стада особей старшего возраста свидетельствует о сохранении чрезмерного антропогенного давления на популяцию [8].

Воспроизводство волжского проходного судака не зависит от состояния кормовой базы, величина его запасов определяется масштабами и эффективностью размножения. В годы с низким объемом весеннего половодья в дельте Волги она снижается катастрофически, и единственным способом поддержания запасов судака является заводское разведение в достаточно широких масштабах [9, 10].

Работы по разведению полупроходного судака в дельте Волги были начаты в конце 40-х гг. XX столетия. На первом этапе (до конца 70-х гг.) для этой цели использовались нерестово-выростные хозяйства (НВХ). В одном водоеме совмещались процессы нереста, инкубации икры и выращивания молоди нескольких видов рыб: леща и судака; сазана и судака; сазана, леща и судака [11]. Эффективность этой биотехнической схемы была невелика: выход покатной молоди составлял не более 20–25 тыс. шт./га, или 0,5–5 тыс. шт. на одну самку, максимальная выживаемость от икры до покатной молоди не превышала 5 %. Выпуск молоди судака в 50–60-е гг. (по данным ФГУ «Севкаспрыбвод») составлял в среднем 35–66 млн экз. в год; во второй половине 70-х гг., в связи с резким снижением уловов рыб в дельте и невозможностью заготовить производителей весной, он уменьшился до 12 млн экз., а затем был прекращен. В 60-е гг. в экспериментальных условиях были разработаны основы биотехники заводского разведения судака; процессы нереста, инкубации икры и выращивания молоди были разделены, благодаря чему они стали более управляемыми [12].

Эта схема, по сравнению с биотехникой разведения молоди в НВХ в экспериментальных условиях, позволила повысить выживаемость от икры до покатной молоди с 5 до 15 %, выход молоди с одного га выростной площади – с 20–25 до 100 тыс. шт. и, следовательно, сократить количество производителей в 3, а выростные площади – в 5 раз.

В настоящее время основным способом поддержания запасов судака является искусственное воспроизводство, которое характеризуется небольшими масштабами: выпуск молоди в 1998–2002 гг. колебался от 1,7 млн шт. до 10 млн шт., составив в среднем 5,1 млн шт. Увеличение объемов выпуска молоди ограничивается проблемой заготовки производителей [13]. Для пополнения численности и поддержания запасов судака на достаточно высоком уровне необходимо разработать биотехнику индустриального выращивания этого ценного вида в полностью контролируемых условиях [14].

Приспособляемость рыб к питанию определенными кормами непостоянна и меняется по мере их роста, изменения строения ротовой полости и пищеварительной системы. Смена кормов в онтогенезе позволяет виду осваивать различные корма, и при этом у большинства рыб по мере их перехода с одной стадии развития на другую наблюдается расширение спектра питания – увеличение количества компонентов пищи. Успех же разработки эффективных и экологически безопасных кормов зависит от знания пищевых потребностей рыб, которые подвержены влиянию целого ряда факторов (включая абиотические).

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что ферменты, обеспечивающие процессы пищеварения у рыб, адаптированы к спектру и интенсивности их питания, а также к составу пищи. Обнаруженная пластичность ферментных систем играет важную роль в приспособлении рыб, большинство из которых являются эврифагами, к условиям жизнедеятельности и питания. Поэтому вопросы адаптации рыб к новым индустриальным методам содержания являются очень актуальными при выращивании объектов в условиях замкнутого водоснабжения.

В связи с вышеизложенным целью исследований явилась разработка методов адаптации судака к индустриальным условиям выращивания.

#### **Материал и методы исследований**

Исследования по адаптации молоди судака к индустриальным условиям выращивания проводили в экспериментальном аквариальном комплексе базовой кафедры Южного научного центра РАН «Аквакультура и водные биоресурсы» Астраханского государственного технического университета. Прудовая молодь судака массой 1,5 г была завезена в июне 2008 г. Содержание и выращивание молоди осуществляли в стеклопластиковом лотке площадью 2,8 м<sup>2</sup> с замкнутым циклом водоснабжения. В период экспериментальных работ гидрохимические показатели воды поддерживали на оптимальном уровне. Температура воды при проведении экспериментов составляла 20,5–21,5 °С, содержание O<sub>2</sub> – 7,8–8,4 мг/л, рН – 7,3–7,5.

Оценку поведенческих реакций молоди проводили в тесте «открытое поле». Рыб по одной помещали в камеру размерами 60 × 60 см со слоем воды около 5 см во избежание значительных перемещений рыбы. На дно камеры была нанесена координатная сетка с размерами квадратов 10 × 10 см. Удвоенное количество пересечений координатных линий за первые 30 секунд после помещения рыбы в новую обстановку характеризует ориентировочную активность молоди (ОА, ед./мин). Усредненное количество пересечений координатных линий рыбой за период с 1-й по 7-ю минуту опыта расценивается как фоновая двигательная активность (ФА, ед./мин). Через 7 минут после начала эксперимента применяли раздражитель, имитирующий нападение хищника. Удвоенную двигательную активность тестируемой молоди в течение 3 минут после воздействия этого стимула расценивали как реактивность на визуально-динамический стимул, или реакцию на хищника (РА<sub>1</sub> хищн., ед./мин). Через 8,5 минут после начала эксперимента применяли первый виброакустический раздражитель – высокочастотный удар (ВЧ). Удвоенное количество пересечений рыбой сторон квадратов за первые 30 секунд после нанесения удара определяли как реактивность на виброакустический стимул (РА<sub>2</sub> вибр., ед./мин). Через 10 минут был применен следующий раздражитель – световая вспышка длительностью 4 секунды и освещенностью 5 000 люкс. Удвоенная величина двигательной активности за первые 30 секунд после предъявления светового раздражителя определялась как реактивность на третий сигнал – (РА<sub>3</sub>, ед./мин). На 11,5 минуте применяли второй виброакустический раздражитель: удар молотком по стенке камеры (глухой низкочастотный звук (НЧ)) и регистрировали реактивность объекта исследования на 4-й сигнал – (РА<sub>4</sub>, ед./мин). Для оценки двигательной активности использовали 10 шт. молоди судака [15].

Контроль за темпом роста осуществляли один раз за 10–15 суток. Взвешивание и измерение рыбы проводили согласно рекомендациям И. Ф. Правдина [16]. Контрольным промерам подвергали всю рыбу, находящуюся в эксперименте.

Опыты проводили в двукратной повторности, данные подвергали статистической обработке по Г. Ф. Лакину [15] с применением персонального компьютера. При этом использовали элементы статистического анализа с определением средней  $\bar{X}$  и среднего отклонения  $a$ . Сравнительные признаки оценивали с помощью критерия Стьюдента. Каждый из вариантов сопоставляли с другими, причем разность принимали достоверной при первой степени вероятности безошибочного суждения ( $p > 0,05$ ).

### Результаты исследований

В настоящее время существует проблема с заготовкой необходимого количества производителей судака, влекущая за собой проблему формирования ремонтно-маточных стад судака в искусственных условиях. Это возможно путем адаптации к индустриальным условиям разновозрастного судака, заготовленного из естественных условий, и заводской молоди судака, полученной в искусственных условиях «от икры».

При выращивании судака используют в основном прудовый метод выращивания. Молодь содержится в прудах на естественных кормах, поэтому после посадки в бассейн она будет испытывать стресс, связанный с изменениями условий обитания.

В связи с этим разработка методов первичной адаптации, оптимальных параметров содержания и рациональных методов кормления данного объекта в индустриальных условиях является весьма актуальной.

В течение первых 4–6 часов после транспортировки осуществляли адаптацию прудовой молоди судака к температурным условиям, постепенно выравнивая температуру. В первые трое суток кормление молоди не проводили, стараясь не беспокоить рыбу. После первичной адаптации на 4-е сутки начали кормление мотылем и предварительно измельченными дождевыми червями. Молодь активно потребляла корм. По мере роста молоди данный вид корма постепенно был заменен на фарш из кильки и частичковых видов рыб. На 16-е сутки рацион полностью состоял из рыбного фарша. Кратность кормления составляла 3–4 раза в сутки. Остатки корма удаляли через 30 минут после кормления. На 38-е сутки выращивания в корм стали вводить гранулированные комбикорма.

Рыбоводные показатели выращивания молоди судака представлены в таблице. За период исследований абсолютный прирост молоди составил 3,0 г, среднесуточный – 0,05 г (табл.).

**Рыбоводно-биологические показатели молоди судака**

Показатель	Значение	
Масса, г	начальная	1,5 ± 0,6
	конечная	4,5 ± 0,3
Длина, см	начальная	29,0 ± 0,5
	конечная	107,0 ± 0,1
Абсолютный прирост, г	3,0	
Среднесуточный прирост, г	0,05	
Период опытов, сут	60	

От условий выращивания гидробионтов зависит их физиологическое состояние, которое отражает уровень развития адаптационной системы. Применяя определенные методики исследований, можно сделать вывод о физиологическом статусе организма и степени воздействия условий обитания рыб [14].

Особого внимания заслуживают условно-рефлекторные методики оценки способности рыб к приобретению и сохранению поведенческих навыков. Поскольку в искусственных и естественных водоемах экологические условия резко различаются, крайне важной является быстрая выработка молодью в индустриальных условиях приспособительных реакций, необходимых для выживания в новой среде обитания.

Известно, что в раннем онтогенезе развитие организма зависит как от внешних факторов среды, так и от взаимодействия внутренних систем. Согласно теории Анохина, основополагающим внутренним фактором является рецепторный комплекс, осуществляющий связь организма

с внешней средой. Развитие высшей нервной деятельности, которая способствует развитию и функционированию систем организма и, следовательно, согласованной деятельности внутренних органов, находятся в прямой зависимости от степени развития всех рецепторных систем. Совершенно очевидно, что условия содержания будут являться определяющими при развитии всех систем организма.

Поэтому было необходимо проверить у молоди судака изменение реактивности высшей нервной деятельности как показателя адаптационных способностей организма в раннем онтогенезе при содержании в бассейнах.

Для оценки физиологического состояния молоди судака были проведены испытания в тесте «открытое поле». Результаты теста представлены на рис. 1.

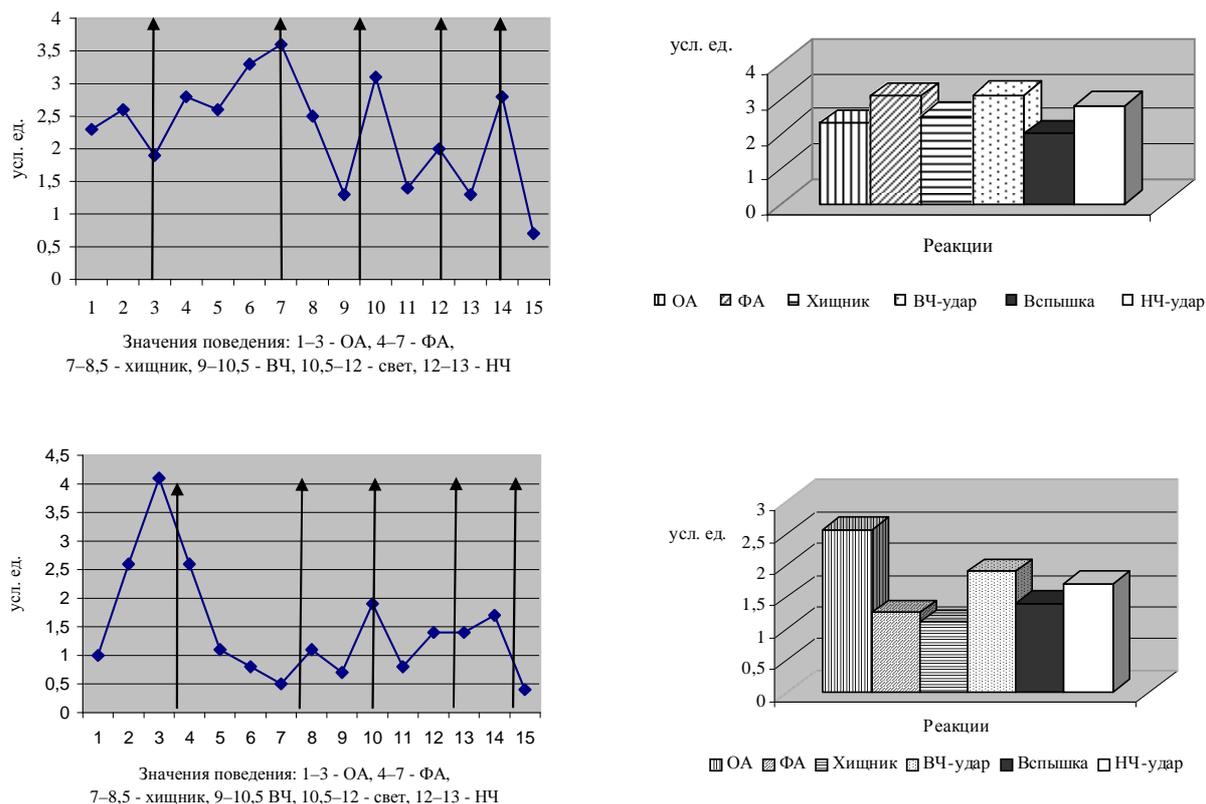


Рис. 1. Результаты тестирования молоди судака

Ориентировочная активность является показателем реактивности центральной нервной системы. В естественных условиях в результате низкой двигательной активности при попадании в незнакомые условия молодь становится доступной хищникам [17]. Молодь судака, содержащаяся в искусственных условиях, при попадании в незнакомую обстановку демонстрировала реакцию затаивания, переходящую в медленные перемещения по опытной установке.

Из рис. 1 видно, что реакция на новую обстановку у молоди судака заторможена, период затаивания затягивается, поисковая реакция наступает значительно позже. При содержании молоди в искусственных условиях в течение 2-х недель произошло изменение ОА. Так, в начале показатель в среднем составил  $2,3 \pm 0,61$ , а затем повысился до  $2,56 \pm 1,18$ .

Фоновая активность молоди судака в начале выращивания была значительно выше ОА. В этот период рыба сравнительно быстрее передвигалась по экспериментальной установке, проявляя поисковые реакции. В последующем молодь стала проявлять меньшую подвижность. Через две недели значение ФА снизилось в 2 раза – с  $3,08 \pm 0,32$  до  $1,25 \pm 0,26$  ед., что свидетельствует об адаптации рыб к искусственным условиям.

При применении первого раздражителя ( $РА_1$  хищн.) рыба проявляла реакцию затаивания, что является характерным для судака, т. к. он сам ведет хищнический образ жизни и при малейшей опасности затаивается. В начале выращивания этот показатель был значительно выше –  $2,5 \pm 0,53$ .

Второй раздражитель (РА<sub>2</sub>) – высокочастотный удар – относится к адекватным биотическим раздражителям, имитирующим звуки питания хищных видов рыб, характеризует степень развития акустической системы организма в раннем онтогенезе. Наиболее выраженная реакция затаивания молоди проявилась в начальный период –  $3,1 \pm 0,52$ , затем она снизилась в 1,6 раза и составила  $1,9 \pm 0,52$  ед. При сравнении реакции на раздражитель и после его действия в течение минуты и в первом, и во втором случае различия достоверны при  $t > 0,05$ .

Реакция молоди на данный раздражитель вначале демонстрировала более динамичный характер, молодь затаивалась и ее двигательная активность характеризовалась бросковым поведением. При втором тестировании затаивание носило кратковременный характер, после чего рыбы совершали медленные плавательные движения.

Третий раздражитель (РА<sub>3</sub>) – вспышка яркого света – неадекватный биотический фактор, характеризует имитацию увеличения освещенности, при которой возникает пищедобывательная реакция [18]. По сравнению с предыдущей испуговой реакцией молодь снизила двигательную активность. Реакция сохранялась на протяжении всего времени действия света. Этот раздражитель, в отличие от предыдущих, носит сигнальный характер. И на этот сигнал рыбы проявляли достоверно пониженную двигательную активность.

Четвертый раздражитель (РА<sub>4</sub>) – низкочастотный удар. В естественных условиях низкочастотные раздражители являются естественным шумом реки. Реакция молоди на этот раздражитель повысилась по сравнению с реакцией на вспышку яркого света. Так, в первом случае она составила  $2,8 \pm 0,6$ , во втором –  $1,7 \pm 0,47$  ед. Это свидетельствует о более выраженной реактивности рыб на адекватные раздражители при попадании в естественную среду. Именно в этот период адаптивные качества молоди определяют ее выживаемость.

Таким образом, тестирование молоди по всем раздражителям показало, что в начале выращивания все параметры, кроме ориентировочной активности были значительно выше. Со временем реактивность молоди судака понизилась, что связано с ее адаптацией к условиям содержания. Не произошло повышения реагирования на высоко- и низкочастотные удары, что, возможно, объясняется тем, что молодь содержалась в информационно обедненной среде в отличие от естественного водоема. Молодь судака в раннем онтогенезе выращивалась в прудовых условиях, происходило формирование рецепторного комплекса. При помещении в несвойственную среду – искусственные условия – произошло торможение в ее развитии. Чтобы избежать этого, необходимо создание естественного фона среды: течение с запахом пищевых объектов скоростью от 0,1 до 1–2 м/с; естественная освещенность с соблюдением фотопериода; для развития акустико-латеральной системы – создание фона, соответствующего естественным адекватным частотам в диапазонах 30–120, 250–500, 900–1 600 Гц.

Разработанная схема адаптации представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема первичной адаптации

Выращивание рыб в индустриальных условиях всегда сопряжено с существенным изменением их физиологического состояния. Использование высококачественных кормов является обязательным условием эффективного выращивания рыб. В противном случае возможно развитие алиментарных болезней, которое часто сопровождается вторичными инвазиями, в частности протозойными и грибковыми. При адаптации молоди судака, из-за несвойственных ей условий обитания, происходило нарушение обмена веществ (жировая дистрофия печени), поэтому адаптация к искусственному корму требует дальнейшего изучения.

Разработка методики адаптации судака к индустриальным условиям позволит сформировать ремонтно-маточное стадо для целей его воспроизводства и товарного выращивания.

### Заключение

По результатам первых опытов разработаны методы адаптации судака к искусственным условиям, которые составляют первый этап приучения рыб к искусственным условиям. Особого внимания заслуживают условно-рефлекторные методики оценки способности рыб к приобретению и сохранению поведенческих навыков. Поскольку экологические условия в искусственных и естественных водоемах резко различаются, крайне важной является быстрая выработка молодью в индустриальных условиях приспособительных реакций, необходимых для выживания в новой среде обитания.

Исследования показали снижение реактивности молоди судака по мере ее адаптации к условиям содержания. Не произошло повышения реагирования на высоко- и низкочастотные удары, поскольку молодь содержалась в информационно обедненной среде в отличие от молоди естественного водоема.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богуцкая Н. Г., Насека А. М.* Каталог бесчелостных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 389 с.
2. *Михайлова М. В.* Влияние качественных различий в питании на обмен веществ у молоди белорыбицы // Исследования по рыбоводству в регионе Северного Прикаспия. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. – С. 122–134.
3. *Ходоревская Р. П.* Развитие пастбищной аквакультуры основных промысловых видов рыб в Астраханской области // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата. Междунар. симпоз., Астрахань, 16–18 апреля 2007 г.: материалы и докл. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. – С. 92–95.
4. *Бронфман А. М., Дубинина В. Г., Макарова Г. Д.* Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 288 с.
5. *Алдакимова А. Я.* Современное состояние кормовой базы рыб Азовского моря и предстоящие ее изменения в связи с водохозяйственными мероприятиями: сб. науч. тр. // АзНИИРХ. – 1972. – Вып. 10. – С. 52–67.
6. *Алдакимова А. Я., Некрасова М. Я., Студеникина Е. И.* Гидробиологический режим Азовского моря и его изменения в связи с преобразованием речного стока // Вопросы биогеографии Азовского моря и его бассейна. – Л., 1977. – С. 80–83.
7. *Воловик С. П.* Основные черты преобразования экосистемы Азовского моря и состояние рыбного хозяйства в условиях интенсификации использования природных ресурсов // Вопр. ихтиологии. – 1986. – Т. 26, вып. 1. – С. 33–47.
8. *Промыслово-биологическая характеристика хищных рыб дельты Волги / В. П. Аббакумов, Г. В. Горст, В. Н. Ткач и др.* // Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (16–18 октября 2007 г., Астрахань). – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. – С. 13–14.
9. *Васильченко О. Н., Карпунина Н. В., Шабанова Д. А.* Современное состояние и перспективы воспроизводства полупроходных рыб в дельте Волги: тез. докл. Первого конгресса ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997). – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 408–409.
10. *Белоусов А. Н.* Проблемы искусственного воспроизводства рыб // Искусственное воспроизводство и охрана ценных видов рыб: материалы Всерос. совещ. – М., 2001. – С. 11–20.
11. *Кузнецова И. И.* Выращивание молоди судака в нерестово-выростных хозяйствах. – М.: Рыбное хоз-во, 1958. – 76 с.
12. *Косырева Р. Я., Карпанин Д. П.* Целесообразность строительства специализированных судачьих хозяйств // Рыбное хозяйство. – 1966. – № 1. – С. 23–25.
13. *Совершенствование биотехники зимовки и инкубации икры судака на рыбоводных предприятиях дельты Волги / О. Н. Васильченко, Д. А. Чакалтана, Ч. А. Мамедов и др.* // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2002 г. – Астрахань: КаспНИРХ, 2003. – С. 414–420.
14. *Курапова Т. М., Хрусталева Е. И., Савина Л. В., Сементина Е. В.* Влияние различных условий выращивания на физиологическое состояние сеголеток стерляди // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата. Междунар. симпоз., Астрахань, 16–18 апреля 2007 г.: материалы и докл. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. – С. 470–473.
15. *Лакин И. Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 293 с.
16. *Правдин П. Ф.* Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 250 с.
17. *Казиков Р. В.* Атлантический лосось. – СПб.: Наука, 1998. – 575 с.

18. Зуссер С. Г. Суточный ритм поведения рыб. Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. – М.: Наука, 1997. – С. 52.

Статья поступила в редакцию 11.11.2009

**THE RESULTS OF PIKE-PERCH FRY  
SANDER LUCIOPERCA (LINNAEUS, 1758)  
ADAPTATION TO INDUSTRIAL CULTIVATION**

*M. N. Sorokina, A. V. Kovaleva, E. N. Ponomareva*

The methods of fry adaptation to artificial water conditions in order to fulfill reproduction and restoration purposes have been developed as the results of the investigation on biological peculiarities of *Percidae* (on pike-perch example). The decreasing of reaction of pike-perch fry in maintenance process, caused by the adaptation to maintenance conditions, were revealed at the estimation of fish ability for acquisition and conservation of behavior habits. The increasing of reacting to high- and low-frequency stroke has not been noticed. It can be explained by the fact that the fry was kept in information weaken environment in contrast to natural reservoir.

**Key words:** pike-perch, adaptation, fry, industrial cultivation.