

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРУДОВОГО
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА (ВНИИПРХ)

На правах рукописи

КУЗЬМИН СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ
УДК 597.554.3:591.571:577.354.3:639.3.043.2

АДАПТАЦИИ ЛИЧИНOK КАРПА К ХИМИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ
СТАРТОВОГО КОМБИКОРМА И ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

03.00.10 - Ихтиология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



Кузнец

Москва 1990

Работа выполнена в Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства

Научный руководитель - кандидат биологических наук,
доцент В.А. Шутов

Официальные оппоненты - доктор биологических наук,
профессор А.С. Константинов,
доктор биологических наук
Ю.Б. Мантейфель

Ведущая организация - Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ)

Защита диссертации состоится "18" декабря 1990 г.
в 12 час. на заседании специализированного совета Д II7.04.01
во Всесоюзном научно-исследовательском институте прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: I4182I, Московская область,
Дмитровский район, п/о

С диссертацией мо

Автореферат разо

Ученый секретарь
специализированного
кандидат биологичес

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное отечественное рыбоводство, особенно его индустриальные формы, широко использует комбикорм при выращивании рыб. По рыбоводным наблюдениям, применение стартовых комбикормов типа ЭКВИЗО и РК-С для личинок карпа сразу после перехода их на внешнее питание дает неудовлетворительные результаты, поэтому в течение первых дней рекомендуется подкормка личинок живым кормом (Остроумова, Иванов, Ермакова, 1985; Канидьева, Гамыгин, Боева, 1987). Различия в поедаемости личинками естественного и искусственного стартового корма обусловлены многими причинами: цвет, механические свойства, взвешенность в воде, подвижность пищевых объектов и т.д. Органолептические свойства комбикорма, по нашему мнению, являются основным качеством, обуславливающим отношение личинок к комбикорму. Нами было показано, что химический фон стартового комбикорма РК-С оказывает на личинок карпа репеллентное действие (Бондаренко, Кузьмин, Путов, 1986), что выражалось в избегании личинками зоны внесения экстракта комбикорма.

В поведении рыб, в том числе защитном и пищевом, большое значение имеют хемосенсорные системы, представленные обонянием, вкусом и общим химическим чувством (Блеров, 1962; Маликина и др., 1969; Нара, 1975). Знания особенностей химического чувства личинок карпа и характера ответной реакции их на химические сигналы пищи необходимы для поиска путей увеличения интенсивности питания стартовым комбикормом. В наших ранних исследованиях были предприняты попытки увеличить поедаемость личинками карпа стартового комбикорма, используя возможности их хеморецепции (Кузьмин, Ломтев, Бондаренко, Путов, 1986). Введение в комбикорм аминокислот, маскирующих его сильный репеллентный фон, позволило повысить потребление личинками комбикорма и, как следствие, ускорило их рост. Однако, высокая стоимость аминокислот, недоступность их для большинства рыбоводных хозяйств, трудности ввода микродобавок в комбикорм поставили нас перед необходимостью разработки нового способа, позволяющего снизить репеллентные свойства стартового комбикорма.

Наиболее целесообразным в этом направлении представлялся путь изучения естественной адаптации личинок карпа к химическому фону стартового комбикорма и исследование механизма адапта-

ции к нему для последующего управления (ускорения) этой адаптацией.

Известно, что отношения рыб, как и других животных, с многообразной и постоянно изменяющейся средой обитания имеют адаптивный характер (Мантейфель, 1970). Перестройка поведения рыб наиболее динамична и радикальна на ранних этапах онтогенеза, в личиночный период, что объясняется относительно быстрым изменением характера питания личинок и изменением спектров химических сигналов, соответствующих новым пищевым объектам. Исследования реакций личинок рыб на химические пищевые раздражители сравнительно немногочисленны, фрагментарны и не позволяют проследить динамику этих реакций в процессе приобретения пищевого опыта (Пономарев, 1985; Сухачев, Мужиков, 1986; Палатников, Мамедов, 1988; Радичева, Девидина и др., 1989; Appelbaum, 1976, 1980, 1981; Dempsey, 1978; Takeda, 1980).

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы - исследование хеморецепции карпа в ходе раннего онтогенеза и разработка способа управления процессом адаптации личинок к химическим сигналам стартовых комбикормов.

Данная цель достигалась решением ряда задач:

- 1) исследование поведенческих реакций личинок карпа на сенсорно-активные вещества в ходе онтогенеза, выяснение сигнальной роли водорастворимых компонентов стартового комбикорма;
- 2) определение органа, ответственного за восприятие химических сигналов стартовых комбикормов ЭКВИЗО и РК-С у личинок карпа;
- 3) изучение влияния пищевого мотивационного состояния личинок карпа на характер их реакции на пищевые стимулы;
- 4) выяснение возможности ускорения адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма;
- 5) разработка и оптимизация метода ускорения адаптации личинок карпа к химическому фону стартового комбикорма;
- 6) определение ростового эффекта ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму на стадии подрощенных личинок и сеголетков.

Научная новизна. Выполненный комплекс поведенческих экспериментов позволил впервые обнаружить у личинок карпа на ранних этапах развития реакции избегания химических сигналов, имеющих источником стартовые комбикорма; установлено, что инициированное химическими сигналами защитное поведение личинок карпа моди-

фицируется вследствие изменения их пищевого мотивационного состояния, что выражается в изменении реакции голодных личинок на химические сигналы стартового комбикорма с отрицательной на положительную; на основании изучения динамики поведенческих реакций личинок карпа на сенсорно-активные вещества в ходе онтогенеза установлено явление адаптации (привыкания) личинок к химическому фону стартового комбикорма по мере роста и приобретения ими опыта питания; обнаружена возможность развития адаптации карпа к химическому фону стартового комбикорма в эмбриональный период с момента начала функционирования хеморецепторов; установлено, что восприятие личинками карпа химического фона стартового комбикорма РК-С и последующая реакция избегания опосредованы органом обоняния.

Практическое значение. На основании материалов исследования разработан способ ускорения адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму, защищенный авторским свидетельством на изобретение № 1454329 как "Способ получения личинок карпа в заводских условиях", разработана инструкция по применению способов привлечения личинок карпа к стартовому комбикорму (Шутов, Кузьмин, Миронов, Бондаренко, Щербина, 1988). Результаты исследования внедрены в Черепетском производственно-экспериментальном рыбном хозяйстве, где за три года применения новой технологии производства посадочного материала карпа экономический эффект составил 384 тыс. рублей, экономия от снижения себестоимости производства сеголетков составила в среднем 86,4 руб./ц.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на научно-методических советах КЦП "Премикс" (ВНПО по рыбководству, 1985-1989 г.г.); XVI Научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства (Калининград, 1988); XIII, XVII межвузовских научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных и инженерно-технических работников, аспирантов Калининградских ВУЗов Минрыбхоза СССР (Калининград, 1985, 1989); Всесоюзном совещании "Поведение рыб" (Москва, 1989); конференции "О развитии индустриальной аквакультуры и опыте безотходных технологий выращивания рыбы в замкнутых системах" (Калининград, ноябрь 1987); Всесоюзном совещании по новым объектам и новым

технологиям рыбоводства на теплых водах (Москва, октябрь 1989).

Публикации. По теме диссертации опубликовано II работ.

Структура работы. Работа изложена на страницах машинописного текста и включает введение, 7 глав, выводы, практические рекомендации, приложение, список использованной литературы, содержит таблиц - рисунок. Список использованной литературы включает 237 работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В формировании поведения рыб, как способа адаптации к многообразным условиям среды, большое значение приобретают системы, обеспечивающие восприятие химических сигналов (Флеров, 1962; Малукина и др., 1969; Девицина, Белоусова, 1978; Kleerekoper, 1969; Atema, 1980; Hasler, Scholz, 1983). Эти системы у рыб представлены обонянием, вкусом, общим химическим чувством (Nara, 1975; Demski, Northcutt, 1983; Silva, Finger, 1984; Finger, Morita, 1985). Особенно большое значение в осуществлении пространственного анализа химическая рецепция приобретает у рыб в связи с их обитанием в водной среде. Основные физико-химические свойства воды создали благоприятные условия развития у рыб высокочувствительного рецептора для анализа химических раздражителей (Никоноров, 1982).

Об участии хеморецепции в пищевом поведении рыб свидетельствуют многочисленные работы (Андрияшев, 1944; Аронов, 1961, 1962; Павлов, 1962; Флеров, 1962; Айрапетянц, 1970; Пономарев, 1986; Селиванова, Смирнов, 1989; Teichmann, 1959; Kleerekoper, Mogensen, 1963; Schemmel, 1967; Kleerekoper, 1969; Nara, 1975; Atema, 1980; Pearson, Miller, Olla, 1980; Knights, 1983; Wilson, Smith, 1984).

Исследования реакций личинок рыб на химические раздражители, в том числе имеющие источником пищевые объекты, сравнительно немногочисленны, особенно на самых ранних этапах - после выклева и при переходе на внешнее питание (Пономарев, 1985; Сухачев, Мужилов, 1986; Палатников, Мамедов, 1988; Радищева, Девицина и др., 1989; Appelbaum, 1976, 1980, 1981; Dempsey, 1978; Takeda, 1980). Главным недостатком имеющихся в литературе сведений о реакциях личинок рыб на химические сенсорно-активные компоненты пищи является их фрагментарность, не позволяющая проследить динамику этих показателей в онтогенезе.

Знание особенностей химического чувства личинок карпа и характера их ответной реакции на химические пищевые сигналы необходимо для решения задачи повышения эффективности поедания искусственных кормов, применяемых в современном рыбоводстве.

Недостаточность сведений о влиянии химических пищевых сигналов, в том числе исходящих от искусственных стартовых кормов, на поведение личинок карпа и практическая важность разработки способа ускорения адаптации личинок к химическому фону стартового комбикорма для интенсификации потребления личинками этого комбикорма обусловили необходимость работ в этом направлении.

Глава 2. МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись в период 1984 - 1989 г.г.

Объектом исследования служили: развивающиеся эмбрионы, личинки и сеголетки карпа. Исследовались реакции личинок карпа на химические сигнальные вещества пищи. Поведение животных однозначно сигнализирует о характере стимула, его биологической значимости. Поэтому исследование химической рецепции личинок карпа проводилось в поведенческих экспериментах. Размеры личинок накладывают определенные ограничения на методический арсенал исследования их реакций на химические раздражители. В данной работе был использован разработанный нами вариант поведенческой методики, основанный на регистрации числа личинок, зашедших в зону подачи раствора испытуемого раздражителя по сравнению с контрольной зоной в секционной установке специальной конструкции (Бондаренко, Кузьмин, Шутов, 1986). Экспериментальный проточный лабиринт (рис. I) представляет собой прямоугольный плоский аквариум, разделенный на стартовую камеру и два рабочих отсека - опытный и контрольный, отделенные от стартовой камеры съемными сетчатыми перегородками. Вся установка и крышка, закрывающая её, были изготовлены нами из молочного оргстекла, что позволяло выравнивать освещенность в отсеках. Как правило, каждое вещество испытывалось в восьми повторностях, причем опытный и контрольный отсеки менялись местами равное число раз.

Оценка достоверности различий между опытом и контролем производилась сравнением совокупностей с попарно сопряженными вариантами (Ашмарин и др., 1971). Оценка предпочтения или избегания личинками одного из отсеков экспериментального лабиринта осуществлялась путем сравнения количества личинок в опытном и

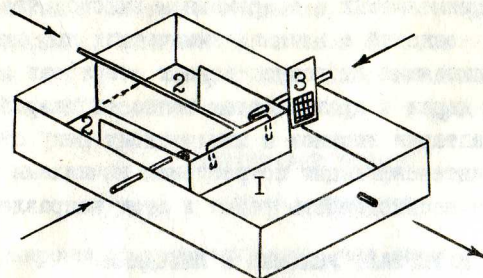


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1 - стартовая камера, 2 - рабочий отсек, 3 - сетчатая перегородка

в контрольном отсеках. Для этого использовался принятый нами коэффициент R , равный отношению количества личинок в опытном отсеке лабиринта к сумме личинок в контрольном и опытном отсеках по результатам восьми опытов.

Кроме сравнений совокупностей с попарно сопряженными вариантами для обработки данных применялись модели однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа, включающие методы множественных сравнений, в частности - метод Тьюки (Гласс, Стенли, 1976).

Для решения определенных задач производилось выращивание личинок карпа как в лабораторных условиях, так и в инкубационных цехах с лотковой базой. Работы проводились в рыбодовных хозяйствах, где использовался заводской метод получения потомства карпа, предполагающий применение для подрачивания личинок стартовых комбикормов типа ЭКВИЗО или РК-С (Остроумова и др., 1985; Канидеев, Гамыгин, Боева, 1987). Экспериментальные работы проводились в различных хозяйствах страны - Нарвском опытном тепловодном рыбном хозяйстве (Таллиннский рыбокомбинат), Кармановском рыбопромышленном комплексе (Башрыбкомбинат), Черепетском производственно-экспериментальном рыбном хозяйстве (Черепетское ПЭРХ) и Шекинском рыбном хозяйстве (Туларыбпром), а также в рыбколхозе "2-я пятилетка" Краснодарского края и на ры-

боводном участке при Соломбальском ЦБК г. Архангельска.

В настоящей работе приведены результаты поведенческих экспериментов в лабиринте, в которых было использовано 82400 личинок карпа. Приводятся данные наблюдений роста 7 377,5 тыс. подопытных и 2 530,1 тыс. контрольных личинок.

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНИЦИИРОВАННОГО СЕНСОРНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПОВЕДЕНИЯ КАРПА В ЛИЧИНОЧНЫЙ ПЕРИОД

В настоящей главе решалась задача исследования реакций личинок карпа на сенсорно-активные вещества в онтогенезе, что имело большое значение для последующей разработки мероприятий по формированию поведения личинок в интересах рыбоводства.

На этапах морфогенеза В-Е (по В.В. Васнецову) испытывались водный экстракт стартового комбикорма РК-С (1 г/л), экстракт стартового комбикорма ЭКВИЗО (1 г/л), а также растворы отдельных аминокислот (10^{-3} М) и их смесей, имитирующих аминокислотный состав водных беспозвоночных: *Brachionus* sp., *Cyclops strenuus*, *Daphnia pulex*, *Eudiaptomus Zachvatkini*, *Seriodaphnia* sp., *Artemia salina*. Эти смеси представляли собой смеси свободных аминокислот, в наибольших количествах содержащихся в водных экстрактах беспозвоночных животных, и составлены по данным Дабровского и Ружецкого (Давыдовский, Русецкий, 1983). Концентрации раздражителей были выбраны выше экспериментально установленных порогов реагирования личинок.

Все тестируемые химические раздражители увеличивали подвижность личинок, вставших на плав, уже на этапе В. Это выражалось в ускорении бросков личинок. На этапе В длина броска личинок не превышала длины их тела, а реакция не всегда выражалась в статистически достоверном предпочтении какого-либо из отсеков, то есть была слабо выражена, что объясняется ещё сравнительно низкой на этом этапе локомоторной активностью. На последующих этапах характер движения личинок изменился, локомоция стала более активной. Результатом увеличения подвижности, как правило, было уменьшение числа личинок в зоне внесения химического стимула (в опытном отсеке лабиринта) по сравнению с контрольным отсеком, то есть реакция носила характер избегания химических сигналов.

Аминокислоты были репеллентными для личинок на 7-8 сутки после выклева (этап C_1-C_2), ещё через 4-5 дней (этап D_1-D_2) сте-

пень их репеллентности понизилась, и реакция личинок на растворы большинства аминокислот стала индифферентной. Из смесей аминокислот наименьший репеллентный эффект в наших экспериментах имела смесь аминокислот, выделяемых в воду беспозвоночными, составленная по данным Еханнсена и Веба: глицин, серин, аланин, орнитин, аспарагиновая кислота, таурин (Johannes, Webb, 1970).

Водный экстракт зоопланктона малькового пруда, приготовленный из его гомогената (100-200 мг/л), был сильно репеллентен при всех испытаниях.

Реакция личинок карпа, питавшихся стартовым комбикормом на его водный экстракт менялась от репеллентной через постепенное снижение реакции избегания до безразличия (адаптации) или даже привлечения на поздних этапах личиночного развития. Во времени смена знака реакции личинок карпа на экстракт стартового комбикорма отличается как для личинок, полученных и выращиваемых в разных рыбоводных хозяйствах, так и для личинок одной генерации из разных лотков. Эти реакции зависят от мотивационного состояния личинок, которое определяется прежде всего режимом их кормления, а значит и степенью насыщения. Обнаружены колебания реакций личинок в течение суток, то есть смена знака реакции (избегание - индифферентность) в ходе ежедневных последовательных опытов, в которых оценивались реакции на экстракт комбикорма личинок одной группы (этап D₂) в течение суток. Наблюдались реакции привлечения к экстракту стартового комбикорма голодных личинок, имеющих опыт питания этим комбикормом.

Таким образом, установлено, что у ранних личинок карпа в поведении, инициированном химическими сигналами, доминирует защитная реакция. Реакция избегания химических сигналов стартового комбикорма ослабевает по мере роста личинок и приобретения ими опыта питания этим комбикормом. При этом избегание незнанных химических сигналов сохранялось. Пищевые потребности личинок обуславливают флуктуацию поведенческих реакций. У голодных личинок (этап C₁) защитное поведение в форме избегания химических сигналов утрачивается пока они не насытятся. Насыщение личинок возвращает реакцию избегания ими химических сигналов стартового комбикорма.

Глава 4. РОЛЬ ОРГАНА ОБОНЯНИЯ ЛИЧИНОК КАРПА В ВОСПРИЯТИИ СЕНСОРНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Большой интерес представляет решение вопроса о том, чем кроме зрения, руководствуются личинки карпа в восприятии стартового комбикорма: вкусом, обонянием или общим химическим чувством. Это важно не только для понимания механизма, лежащего в основе различных поведенческих актов, но и имеет практическое значение, поскольку дает основание для рекомендаций по коррекции рецептур комбикормов с учетом их органолептических свойств.

Для решения этого вопроса исследовались реакции аносмированных (лишенных возможности воспринимать запахи органом обоняния) личинок на экстракт стартового комбикорма в экспериментальном лабиринте.

Аносмирование личинок проводили на этапе E путем обработки рецепторного эпителия обонятельных мешков 0,5% раствором детергента-тритон X-100 (TX-100). Подобная обработка приводит к обратимому разрушению жгутиков обонятельных клеток и к потере способности воспринимать одоранты (Бронштейн, Минор, 1973). TX-100 вводился в полость каждого обонятельного мешка с помощью инсулинового шприца с тончайшей сточенной иглой при визуальном контроле с помощью бинокулярной лупы. Таким образом было обработано 524 личинки. Подобной процедуре, но с введением вместо раствора детергента обычной воды в полость обонятельного мешка, подверглись 436 контрольных личинок.

Через сутки после обработки контрольные личинки показали характерную реакцию избегания экстракта стартового комбикорма, подобную реакции интактных личинок. В то же время аносмированные личинки показали полное безразличие. Через двое суток после аносмирования коэффициент предпочтения для личинок уменьшился, хотя знак реакции остался индифферентным, а через трое суток после аносмирования обнаружена характерная реакция избегания подопытными личинками экстракта стартового комбикорма. В то же время реакция аносмированных личинок на растворы вкусоактивных веществ - лимонной кислоты и хинина носила характер избегания, а к раствору NaCl как у аносмированных, так и у контрольных и у интактных личинок отношение было индифферентным. По-видимому, восприятие личинками этих веществ обусловлено необонятельной хеморецепцией. Представленные результаты позволяют сделать вывод, что реакция избегания личинками карпа экстракта стар-

того комбикорма опосредуется органом обоняния.

Глава 5. ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УСКОРЕНИЯ АДАПТАЦИИ ЛИЧИНОК КАРПА К ХИМИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ СТАРТОВОГО КОМБИКОРМА

Адаптация личинок карпа к химическому фону стартового комбикорма обычно начинается с момента начала кормления личинок этим комбикормом, как правило, ещё при смешанном питании или при резорбции желточного мешка. К этому времени тонкая структура обонятельного эпителия уже сформирована (Applebaum, 1981). Если бы удалось сдвинуть начало адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма на момент начала функционирования обонятельных рецепторов, то, возможно, это способствовало бы ускорению этой адаптации. В настоящей главе решалась задача выяснения такой возможности.

Водный экстракт комбикорма концентрации 5-25 г/л вводился в среду инкубации икры с момента закладки обонятельных ямок у эмбрионов (шестой этап эмбриогенеза по Б. Лужину) и затем в лотки при выдерживании предличинок.

В серии экспериментов по оценке способности к ускорению адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму были получены положительные результаты, которые выразились в усилении темпа роста рыб в 1,5-2 раза, повышении выживаемости на 18-40%. Ростовой эффект экспериментов представлен на диаграмме (рис. 2).

Результат анализа наполнения кишечника подопытных и контрольных личинок, отобранных из лотков случайным образом, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Оценка наполнения кишечника у подопытных и контрольных личинок

Вариант	!	Индекс наполнения кишечника	!	Σ
Опыт	5	4 5 5 3 5 3 4 4 5 5 4 3 4 4 4 4		80
n = 20	3	3 3		
Контроль	3	3 5 3 5 3 3 3 4 4 3 3 3 4 3 4 0		59
n = 20	0	3 0		

Примечание: 5 - полный, 4 - умеренно наполнен, 3 - следы корма, 0 - пустой.

Обе выборки были проверены с помощью рангового непараметрического критерия X - Ван-дер-Вардена, что подтвердило их различие. Таким образом, анализ наполнения кишечника подопытных и

контрольных личинок свидетельствует о том, что полученный в эксперименте по ускорению их адаптации к стартовому комбикорму эффект был обусловлен увеличением интенсивности потребления личинками комбикорма.

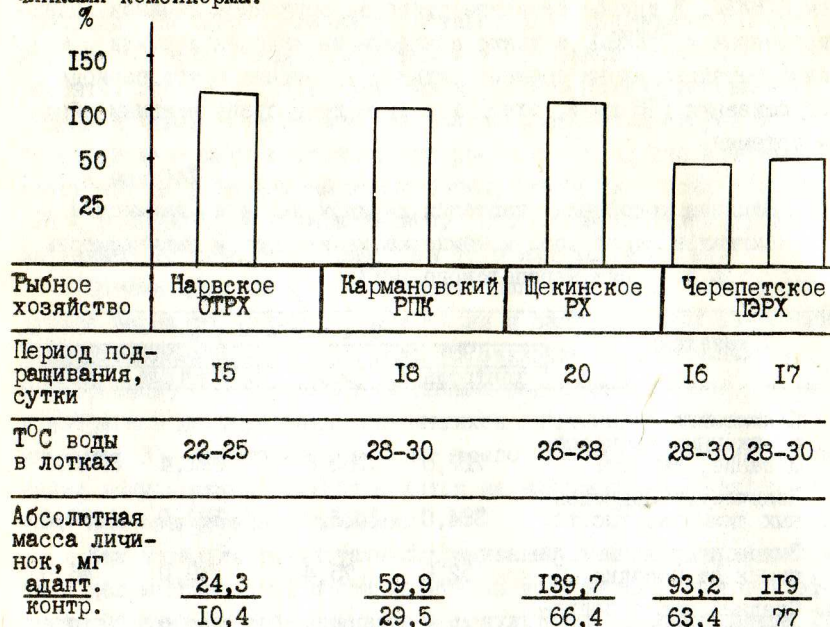


Рис. 2

Влияние способа ранней адаптации на рост личинок карпа, % к контролю (производственные условия)

Результаты исследования влияния ускорения адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма в Черепетском ПЭРХ представлены в таблице 2.

В основу экспериментов по выяснению природы ранней адаптации была положена гипотеза, что в случае, если экстракт комбикорма действует на эмбрионы как биостимулятор, включается в процессы их метаболизма, его влияние на подопытных личинок должно сказаться и проявиться в более интенсивном росте, так как задает более удачный старт ещё со стадии эмбриогенеза, вне зависимости от типа корма, которым личинки кормятся впоследствии. Если же имеет место хемосенсорный механизм стимуляции, различий между подопытными и контрольными личинками, которые кормятся другим

кормом, нежели тем, к которому проводилась адаптация, быть не должно. Для проверки этой гипотезы адаптированных к ЭКВИЗО личинок кормили стартовым комбикормом другого рецепта - РК-С и, наоборот, адаптированных к РК-С личинок, кормили стартовым кормом ЭКВИЗО. В другом варианте этого эксперимента личинок, адаптированных к ЭКВИЗО, а также контрольных личинок кормили с момента перехода их на внешнее питание в течение всего периода подращивания (18 дней, этап F) только декапсулированными яйцами артемии.

Таблица 2

Влияние ускорения адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма на их рост и выживаемость в условиях Черепетского ПЭРХ

Показатели	В а р и а н т ы			
	1987 год		1988 год	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1. Количество личинок, посаженных на подращивание, тыс.шт.	727,6	3233,6	992,4	3246,6
2. Количество подращенных личинок, тыс.шт.	384,0	2436,7	384,0	1490,4
3. Выход подращенных личинок от посадки, %	52,8	75,4	39,0	46,0
4. Средняя масса подращенных личинок, мг	63,4	93,2	77,2	118,6
5. Рыбопродукция при подращивании в лотках:				
а) кг/м ³	3,4	6,6	3,2	5,4
б) на I млн. личинок, кг	33,5	70,2	29,9	54,5
6. Эффект способа по отношению к:				
а) средней массе контрольных личинок, %	100	147	100	154
б) рыбопродукции лотков в контрольном варианте (на I млн. личинок), %	100	210	100	182
7. Затраты стартового корма на I кг прироста, кг	5,4	2,2	5,3	3,3

Результаты эксперимента показали, что лучшими вариантами оказались те, где адаптированные к определенному комбикорму личинки питались при подращивании соответствующим комбикормом. Перекрестные варианты опытов не отличались друг от друга и от контроля. Не было различий по показателям выживаемости и средней массы подращенных подопытных и контрольных личинок в эксперименте, где те и другие личинки кормились декапсулированными яйцами артемии. Результаты эксперимента свидетельствуют об отсутствии механизма биостимуляции роста и о том, что адаптация наступает не к отдельным компонентам, общим для обеих рецептур (РК-С и ЭКВИЗО), а к характерному, целостному комплексу, обуславливающему хеморецепторный фон того или иного корма.

Оптимизация во времени ранней адаптации предполагала следующие варианты опыта: I - адаптация к экстрактивным веществам ЭКВИЗО от начала инкубации икры до закладки обонятельных ямок у эмбрионов; 2 - адаптация от начала закладки обонятельных ямок у эмбрионов до пересадки вылупившихся личинок в лоток на выдерживание; 3 - адаптация в течение всего периода инкубации до высадки вылупившихся личинок в лоток на выдерживание. Контролем служили неадаптированные личинки.

Как показали результаты подращивания личинок, вариант опыта 2 дал максимальный и статистически достоверный ростовой эффект. Обратил на себя внимание и результат в варианте опыта I, где подача экстракта стартового комбикорма ЭКВИЗО в инкубационные аппараты производилась с начала инкубации икры до закладки обонятельных ямок у эмбрионов. Здесь проявился негативный эффект воздействия - личинки росли хуже, чем в контроле. Даже в третьем варианте, где подача экстракта стартового комбикорма в инкубационные аппараты производилась в течение всего периода инкубации до высадки вылупившихся личинок в лоток на выдерживание, воздействие экстракта на раннем этапе эмбриогенеза ухудшило рост личинок по сравнению со вторым вариантом опыта.

Известно, что личинки карпа руководствуются в пищевом поведении преимущественно зрительным анализатором (Дислер, 1960). Участвует ли хеморецепция в пищевом поведении личинок на первых постэмбриональных этапах развития? Логичным шагом на пути прояснения этого вопроса является исключение зрительного анализатора личинок с момента перехода их на внешнее питание. Эту серию опытов, выполнявшихся в полной темноте, проводили с исполь-

зованием стартового комбикорма ЭКВИЗО. Ещё одной задачей этого эксперимента было выяснение влияния ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму на рост в полной темноте в сравнении с ростом в темноте неадаптированных личинок.

Обработка результатов по методу двухфакторного дисперсионного анализа позволила выявить значимость эффектов освещенности и адаптации, а также эффекта их взаимодействия. Наличие достоверных различий по факторам освещенности и адаптации подтвердили вывод о главной роли зрительного анализатора в пищевом поведении личинок карпа и о положительном влиянии адаптации к химическому фону стартового комбикорма на рост личинок. Значимость взаимодействия обоих факторов свидетельствует о влиянии ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму на их рост при выращивании личинок в темноте. Таким образом, при отсутствии зрительного образа пищи хеморецепция личинок карпа, возможно, отчасти выполняет компенсаторную роль наряду с тактильной чувствительностью. В этом случае хеморецепция включается в пищевое поведение личинок подобно тому, как это имело место у голодных личинок карпа.

Серия экспериментов по изучению влияния концентрации экстракта стартового комбикорма, подаваемого в инкубационные аппараты Вейса, на эффект адаптации позволил установить, что при обычном технологическом режиме водоподачи (3 л/мин) оптимальная концентрация находится в пределах 5-10 г/л.

Влияние ранней адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма на их поведение исследовалось в сравнении реакций адаптированных к химическим сигналам ЭКВИЗО и контрольных личинок на экстракт корма ЭКВИЗО. Тех и других личинок кормили этим же кормом. В контрольный отсек экспериментального лабиринта подавали экстракт стартового комбикорма РК-С с тем, чтобы не проводить сравнения реакций обеих групп личинок лишь по степени репеллентности для них экстракта ЭКВИЗО, кроме того, можно было сравнить воздействие на поведение личинок химических сигналов двух рецептур комбикорма. Динамика реакций личинок карпа в онтогенезе на экстракт ЭКВИЗО относительно экстракта РК-С проиллюстрирована на рис. 3.

Как видно из рисунка 3, воздействие способа ранней адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма ЭКВИЗО выражается в поведенческих реакциях адаптированных личинок: экстракт ЭКВИЗО более привлекателен для них, чем экстракт РК-С,

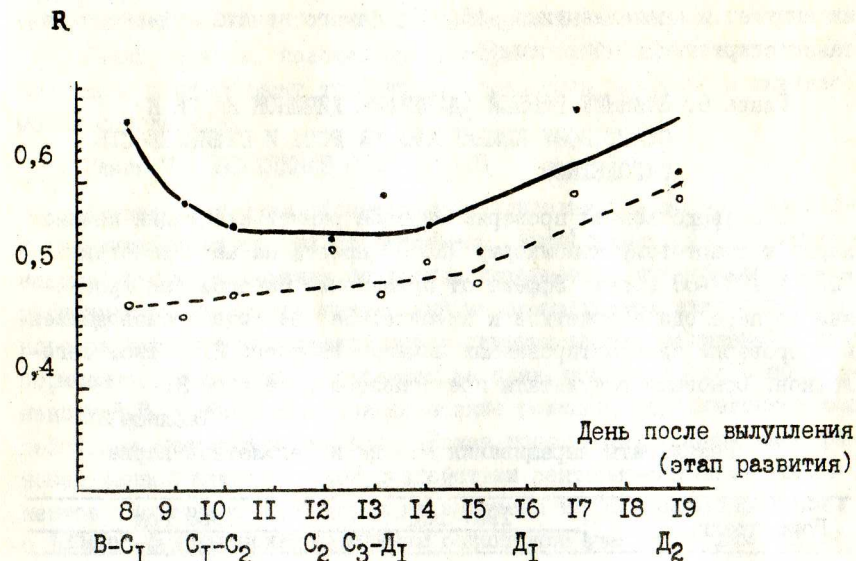


Рис. 3

Динамика реакций личинок карпа в онтогенезе на экстракт ЭКВИЗО относительно экстракта РК-С

R - коэффициент предпочтения = $\frac{N_{\text{э}}}{N_{\text{ркс}} + N_{\text{э}}}$.

N - количество личинок в рабочем отсеке.

—•—•— адаптированные личинки

---•--- неадаптированные личинки

особенно на первых этапах личиночного развития. Анализ динамики реакций адаптированных личинок на начальных этапах морфогенеза показывает, что именно на этих этапах (B-C₁) отношения подопытных личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма наилучшее (коэффициенты R максимальные и сравнимы с коэффициентами R для личинок на последних этапах личиночного развития). Это свидетельствует о том, что воздействие сенсорно-активных веществ стартового комбикорма на обонятельные рецепторы эмбрионов не проходит бесследно, происходит некая форма запоминания раздражителя.

Таким образом, подтвердилась возможность ускорения адаптации личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма.

Ранняя адаптация личинок к сенсорно-активным веществам комбикорма снижает их репеллентный эффект с самого начала активного питания стартовым комбикормом.

Глава 6. ВЛИЯНИЕ РАННЕЙ АДАПТАЦИИ ЛИЧИНОК КАРПА К СТАРТОВОМУ КОМБИКОРМУ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ СЕГОЛЕТКОВ

Производственная проверка способа ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму ЭКВИЗО проведена на Черепетском ПЭРХ в 1987-88 годах. Эффект от применения способа был прослежен до перехода сеголетков к зимовке. За два года производственной проверки из адаптированных личинок выращено 2177 тыс. сеголетков. Основные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3
Результаты выращивания молоди и сеголетков карпа

Показатели	1987 год		1988 год	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1. Количество подращенных личинок, тыс. шт.	384,0	2436,7	384,0	1490,4
2. Средняя масса подращенных личинок, мг	63,4	93,2	77,2	118,6
3. Выращено сеголетков, тыс. шт.	184,3	1427,6	195,7	749,1
4. Средняя масса выращенных сеголетков, г	56,3	93,1	113,0	161,8
%	100	165	100	143
5. Рыбопродукция сеголетков при выращивании в садках:				
а) общая, ц	103,8	1329,1	220,9	1210,3
б) кг/м ²	58,0	83,0	38,0	54,0
%	100	143	100	142
6. Затраты корма на 1 кг прироста, кг	3,8	2,3	4,0	2,8

Применение нового способа в условиях производства привело к усилению темпа роста рыб. В конечном итоге это выразилось в повышении рыбопродукции сеголетков с единицы площади садков на 40%, приросте массы сеголетков на 40-60%. Выживаемость сеголетков от подращенной молоди возрасла на 22%. Затраты корма на еди-

ницу прироста снизились на 40%. Затраты корма на процедуру ранней адаптации - 25 руб. на 1 млн. подращенных личинок.

Таким образом, положительный эффект ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму отражается на росте и выживаемости сеголетков.

Глава 7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Тонкая структура обонятельного эпителия только что вылупившихся личинок карпа уже сформирована (Appelbaum, 1981). Выполненные нами исследования позволили установить, что хеморецепция у личинок карпа функционирует уже на самых ранних этапах личиночного развития. Это подтверждается данными наших наблюдений и экспериментов, в которых у вставших на плав личинок (этап В по Васнецову В.В.) обнаружены поведенческие реакции, обусловленные воздействием химических сигналов. Более того, обнаруженный нами феномен ранней адаптации при воздействии сенсорно-активных компонентов стартового комбикорма на эмбрионы карпа свидетельствовал о функционировании обонятельных рецепторов уже на стадии эмбриогенеза.

Установлено, что поведенческие реакции личинок карпа на химические сигналы имеют характер избегания, в том числе и на химические сигналы стартового комбикорма, которым питаются личинки.

Каков биологический смысл реакции избегания личинками карпа химических сигналов? Вероятно, на ранних этапах развития, когда личинки держатся в местах вылупления из икры (как правило, на мелководье), их пребывание в пределах биотопа, наилучшим образом соответствующего условиям их жизнедеятельности, контролируется также и хеморецепцией. Любое изменение химического фона среды является для личинок сигналом выхода из зоны оптимума, а следовательно, вызывает реакцию, приводящую к возврату в прежние условия среды.

У личинок карпа отсутствуют врожденные положительные реакции на пищевые химические сигналы, а их хеморецепция инициирует в основном защитные реакции. Стойкий отрицательный характер реагирования личинок с первых этапов их развития на испытанные нами химические сигналы позволяет отнести это поведение к такому типу, в котором преобладающими являются защитные реакции (рефлексы) на любое изменение химического фона среды. Такой тип поведения представляет собой приспособление к определенным факторам и ситуациям внешнего мира. Адаптивные ответы на эти факторы

вошли в систему наследуемых форм поведения в виде безусловных рефлексов (Мантейфель, 1970).

Установленное нами отклонение от этого стереотипа поведения у голодных личинок объясняется изменением их мотивационного состояния. О подобном явлении говорится, например, в монографии Кэндела (Кэндел, 1980): у животных усиление голода избирательно активизирует ключевую функцию - пищевое поведение, изменяет рефлекторные реакции, несвязанные с питанием. Достижение цели (насыщение) ослабляет пищевую мотивацию и повышает поведенческий порог или вообще прекращает реакцию.

Для понимания механизма формирования поведения личинок карпа при воздействии химического фона стартового комбикорма важное значение имеет определение у них органа восприятия химических сигналов этого раздражителя. Впервые примененный нами для личинок карпа способ аносмирования посредством обратимого разрушения жгутиков рецепторных клеток обонятельной выстилки детергентом привел к временной потере способности личинок реагировать на экстракт стартового комбикорма. В то же время реакции на необонятельные химические сигналы сохранились, что свидетельствует о том, что восприятие личинками карпа сенсорно-активного фона стартового комбикорма и последующая реакция избегания опосредованы органом обоняния.

В серии последующих экспериментов было показано, что по мере роста личинок и приобретения ими опыта питания стартовым комбикормом в заводских условиях наблюдается тенденция уменьшения репеллентности его экстракта, то есть наступает привыкание личинок (адаптация) к химическим сигналам стартового комбикорма. Это привыкание модифицирует поведение личинок: реакция становится индифферентной. В то же время избегание незнакомого химического стимула сохраняется, особенно если его концентрация высокая. Это согласуется с основными особенностями, характеризующими привыкание, как тип индивидуальных адаптаций организма суммированными в обзоре Томпсона и Спенсера (Thompson, Spenser, 1966):

По-видимому, здесь ещё имеет место процесс образования положительной условной связи между пищевым подкреплением (питание комбикормом) и соответствующими химическими сигналами комбикорма (натуральный пищевой раздражитель как химический компонент пищи).

Поскольку восприятие личинками карпа сенсорно-активного фо-

на стартового комбикорма опосредовано органом обоняния, ускорение привыкания к нему возможно научением с момента начала функционирования этого органа химического чувства. Такое научение было реализовано нами в способе ранней адаптации. Суть способа заключается в подаче экстракта стартового комбикорма в среду инкубации икры карпа с момента закладки обонятельных ямок у эмбрионов (шестой этап эмбриогенеза по Б. Лужину). Обладающие сенсорной активностью водорастворимые компоненты стартового комбикорма проникают под оболочку икринки и воздействуют на хеморецепторы эмбриона карпа. При этом реализуется некая форма запоминания, впечатление от которого отразилось в поведении личинок, особенно ярко - на самых ранних этапах (B-C_I) личиночного развития. Такая тренировка способствовала повышению потребления личинками комбикорма, что подтвердил визуальный анализ наполнения кишечника подопытных и контрольных личинок, снижению затрат корма на единицу прироста на 40-60%, усилению роста адаптированных личинок в 1,5-2 раза. Наши сведения согласуются с данными по другим видам рыб. Так, способностью запоминания химических раздражителей обладает, например, молодь гуппи в раннем периоде жизни (Виноградова, Мантейфель, 1986). Есть сведения о способности личинок пеляди воспринимать и запечатлевать с помощью обонятельной системы органические соединения (водную вытяжку комбикорма) присутствующие в среде с 0 до 72 час. после выклева; делается вывод о наличии механизма обонятельного импринтинга (Сухачев, Мужиков, 1988).

Результаты проведенных экспериментов подтвердили хемосенсорную природу феномена ранней адаптации и отсутствие механизма биостимуляции роста экстрактивными веществами. Например, обнаружен эффект от кормления только тем стартовым комбикормом, к которому проводилась ранняя адаптация с момента закладки обонятельных ямок у эмбрионов и неэффективность кормления адаптированных личинок стартовым комбикормом другого рецепта. Кроме того, было показано отсутствие эффекта от способа ранней адаптации к стартовому комбикорму при кормлении личинок естественным кормом. Также доказана бесполезность процедуры ранней адаптации, реализуемой до закладки обонятельных ямок у эмбрионов.

Серия опытов с выращиванием личинок в темноте, когда значение зрительного анализатора исключено, позволили показать, что их хеморецепция, возможно, отчасти выполняет компенсаторную роль

наряду с тактильной чувствительностью. По всей вероятности, хеморецепция включается в пищевое поведение в таких экстремальных условиях подобно тому, как это имело место у голодных личинок карпа. При этом ранняя адаптация к химическим сигналам стартового комбикорма также способствовала повышению потребления комбикорма и усилению роста адаптированных личинок по сравнению с контрольными при выращивании тех и других в темноте.

Нами показано, что выращенные из подопытных (адаптированных) личинок сеголетки обладали преимуществом в росте и выживаемости, которое можно отнести к более удачному "старту", обусловленному активизацией питания ранних личинок комбикормом. Повышение выживаемости рыб и усиление темпа роста свидетельствовали, что молодь, прошедшая процедуру ранней адаптации в условиях рыбного хозяйства является более жизнеспособной, что в конечном итоге дало существенный экономический эффект.

ВЫВОДЫ

1. Химическая рецепция карпа начинает функционировать в эмбриогенезе.

2. Личинки карпа реагируют поведенческими актами на химические сигналы с первых личиночных этапов развития, причем в их поведении, обусловленном хеморецепцией, преобладают защитные реакции.

3. Реакции избегания химических сигналов стартового комбикорма личинками карпа опосредованы органом обоняния.

4. Защитное поведение личинок карпа, вызванное воздействием на них химического фона стартового комбикорма, подвержено модификации по мере приобретения опыта питания этим комбикормом, что выражается в постепенном снижении репеллентности его химических сигналов.

5. Адаптация личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма (постоянно действующему внешнему фактору) выражается в привыкании, а также, возможно, является следствием образования положительной условной связи между химическими сигналами и адекватным пищевым подкреплением. Влияние мотивационного состояния личинок (внутренний фактор) обуславливает флуктуацию характера поведенческих реакций.

6. Введение экстракта стартового комбикорма в инкубационную среду обеспечивает контакт обонятельно-активных веществ комбикорма с органом обоняния эмбрионов к началу функционирования

обонятельного анализатора, что ускоряет привыкание личинок карпа к химическим сигналам стартового комбикорма и, как следствие, улучшает рыбоводные показатели выращенных личинок.

7. Ускорение роста, полученное в результате ранней адаптации, обусловлено изменением характера восприятия сенсорно-активных компонентов стартового комбикорма и, как следствие, более активным его потреблением, а не прямым влиянием экстрактивных веществ на метаболизм эмбрионов и личинок.

8. Воздействие экстракта стартового комбикорма на эмбрионы карпа обеспечивает запоминание его химических сигналов, что выражается в поведенческих реакциях личинок, особенно ярко - на ранних этапах развития (этапы В-С_I).

9. Положительный эффект ранней адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму отражается на росте и выживаемости сеголетков: приросте массы сеголетков в среднем в 1,5 раза, повышении рыбопродукции с единицы площади садков в 1,4 раза, снижении затрат корма на единицу прироста в 1,4 раза, повышении выживаемости от посадки молоди на выращивание на 22%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для ускорения привыкания личинок карпа к стартовому комбикорму следует использовать способ, изложенный в "Инструкции по применению способов привлечения личинок карпа к стартовому комбикорму" (В.А. Шутов, С.Ю. Кузьмин, С.Г. Миронов, В.Ф. Бондаренко, М.А. Щербина, 1988).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бондаренко В.Ф., Кузьмин С.Ю. Восприятие отдельных аминокислот 30-дневными мальками карпа //Биологические основы индустриальной аквакультуры: Сб.науч.тр. Калининградский технич. ин-т рыб. пром. и хоз-ва. - Калининград, 1984. - С. 78-84.

2. Бондаренко В.Ф., Кузьмин С.Ю., Шутов В.А. Реакции мальков карпа на смеси аминокислот //Биологические основы индустриальной аквакультуры: Сб.науч.тр. Калининградский технич. ин-т рыб.пром. и хоз-ва. - Калининград, 1984. - С. 84-91.

3. Шутов В.А., Кузьмин С.Ю., Бондаренко В.Ф. Динамика реакций личинок карпа на химические раздражители //XIII Межвузовская научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников Калининградский ВУЗов Минрыб-

хоза СССР /Сб.тез.докл./ - Калининград, 1985. - С. 51-52.

4. Бондаренко В.Ф., Кузьмин С.Ю., Шутов В.А. Пищевая хемотрецепция личинок карпа //Рыб. хоз-во. - 1986. - № 4. - С. 33-34.

5. Некоторые способы сокращения времени адаптации личинок карпа к искусственным стартовым комбикормам /С.Ю. Кузьмин, Н.А. Ломтев, В.Ф. Бондаренко, В.А. Шутов //Биологические основы рационального кормления рыбы: Сб.науч.тр. ВНИИПРХ. - М., 1986. - Вып. 49. - С. 61-63.

6. Инструкция по применению способов привлечения личинок карпа к стартовому комбикорму /В.А. Шутов, С.Ю. Кузьмин, С.Г. Миронов, В.Ф. Бондаренко, М.А. Щербина, 1988. - 14 с.

7. Кузьмин С.Ю., Ломтев Н.А., Бондаренко В.Ф. Хемотрецепторное привыкание личинок карпа к стартовому комбикорму и способы его ускорения //Сб.науч.тр. ГосНИОРХ. - 1988. - Вып. 288. - С.130.

8. Кузьмин С.Ю., Шутов В.А., Бондаренко В.Ф. А.С. 1454329, СССР, МКИ⁴ А 01 К 61/00. Способ получения личинок карпа в заводских условиях. - Оpubл. 1989. - Бюл. № 4.

9. Шутов В.А., Кузьмин С.Ю., Миронов С.Г. О поведенческих реакциях личинок карпа на химические сенсорно-активные вещества //Поведение рыб /Тезисы докл. Всесоюз. совещ. 20-24 ноября 1989 г./ - М., 1989. - С. 115.

10. Кузьмин С.Ю., Миронов С.Г., Шутов В.А. Хемотрецепторная адаптация к стартовому комбикорму карпа в раннем онтогенезе, её ускорение как метод получения качественного рыбопосадочного материала //ХУП Межвузовская научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных и инженерно-технических работников, аспирантов Калининградских ВУЗов Минрыбхоза СССР /Сб.тез.докл./ - Калининград, 1989. - С. 53.

11. Кузьмин С.Ю., Миронов С.Г. Применение способа ускорения хемотрецепторной адаптации личинок карпа к стартовому комбикорму с целью стимуляции потребления личинками комбикорма //Всесоюзное совещание по новым объектам и новым технологиям рыбоводства на теплых водах /Тез.докл. Октябрь 1989 г./ - М., 1989.

Подписано в печать 28.09.90. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Заказ 1277. Тираж 100 экз.

Типография издательства «Калининградская правда»,
236000, г. Калининград, ул. Карла Маркса, 18.