

Б. В. Солуха

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА БЫСТРОГО ОБУЧЕНИЯ В РЫБНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Необходимость управления поведением животных возникает при решении ряда народно-хозяйственных задач, в частности, при разработке мероприятий по отпугиванию рыб от водозаборов и заморных участков акваторий, привлечению их в рыбоходы плотин, ставные невода и тралы.

Управление поведением рыб включает три основных направления (Протасов, 1978; Мантейфель, Павлов и др., 1980): I — использование закономерностей распределения животных в пространстве и во времени; II — стимуляция к проявлению какого-либо из имеющегося в репертуаре инстинктивного поведенческого акта; III — изменение поведения путем обучения или генетическими методами.

Существующие системы управления поведением рыб разрабатывались в основном в первых двух направлениях. Однако инстинктивные акты отпугивания и привлечения оказались недостаточно стабильными для технических приложений. В настоящее время полученные результаты переосмысливаются, и ведется активный поиск путей управления поведением, соответствующих п. III.

Сложившееся положение во многом обусловлено этапностью развития этологических концепций. К 50-м годам, в результате работ К. Лоренца, Н. Тинбергена и других классиков этологии, сформировалось представление о постоянстве комплексов фиксированных действий, инициируемых релизерами. При этом подразумевалась видоспецифичность и сезонность этих актов, их зависимость от текущего состояния животных (активации, мотивации и т. д.). В инженерной среде эти представления трансформировались в следующую упрощенную схему: достаточно подобрать специфические параметры сигналов (частоту заполнения, коэффициент модуляции, скважность акустических импульсов, форму и частоту повторения электрических, ...), чтобы вызвать стабильный для технических приложений акт реагирования. Можно привести громадное количество примеров систем (свистовые излучатели для отпугивания рыб, импульсные низкочастотные генераторы для их привлечения и т. д.), разработанных на этой основе. Оказалось, что стабильный эффект достигается лишь с помощью мощных излучателей, вызывающих болевое ощущение и, следовательно, отпугивание животных. Однако такие устройства оказываются неэкономичны. Кроме того, достаточно сильные воздействия удается создавать только в ближнем поле. При этом у животных часто возникают судорожные и шоковые состояния, исключающие управление поведением. Например, рыбы в шоковом состоянии проходят через электрозаградители по течению.

Пока в технической сфере разрабатывались и испытывались описанные выше устройства, представления этологов о стабильности инстинктивных актов существенно изменились. Утвердились следующие положения (Хайнд, 1975; Дьюсбери, 1981; Крушинский, Зорина и др., 1983): 1 — любой поведенческий акт включает комплекс врожденных и приобретенных компонентов. Поэтому всегда имеют место поведенческие модификации; 2 — степень генетической детерминации сходных поведенческих актов у представителей одной и той же популяции может значительно отличаться; 3 — способность к обучению, наряду с зависимостью от приобретенных индивидуальных черт организмов, детерминируется генетически.

Рассмотрим прежнюю задачу управления поведением на основе фиксированных действий. При необходимости добиться от большой группы животных сходного целенаправленного поведения необходимо устранить поведенческие модификации, то есть «дообучить» особей, поведение которых отклоняется от фиксированной программы движений.

Необходимость текущей корректировки процесса управления поведением обсуждалась многими исследователями. Например, В. Р. Протасов (1978) считает необходимым непрерывно определять физиологическое состояние рыб и корректировать командные сигналы.

Несомненно, проще и надежнее обучать животных непосредственно выполнению заданной программы действий, не опираясь на зависящие от состояния, обладающие сезонной изменчивостью и видоспецифические комплексы фиксированных действий. Однако инстинктивные акты реализуются быстро, а обучение требует длительного подготовительного периода, в течение которого у животных формируются соответствующие ассоциации. Круг задач рыбного хозяйства, предполагающих возможность предварительной выработки классических<sup>1</sup> условных рефлексов, крайне ограничен. Это сфера прудового и шельфового рыбоводства. Возникает вопрос: возможно ли быстрое обучение, протекающее за время, соизмеримое с периодом реализации инстинктивных актов?

Прежде всего скорость обычного классического или инструментального обучения лимитирует сам метод обучения. Воздействия, между которыми должна установиться ассоциация, производятся дискретно. Например, сначала подается звуковой сигнал, а затем пища или болевое подкрепление. Далее следует некоторый период, в течение которого животным оценивается значимость подкрепления. В это время протекают акты поглощения пищи, удаления от источника болевых воздействий и т. п. Ассоциация «сигнал — подкрепление» обычно устанавливается после нескольких десятков проб и ошибок. Поэтому время «дискретного» обучения в целом оказывается довольно большим.

Логика этих рассуждений определяет следующий шаг — попытаться перенести весь процесс обучения в сенсо-ассоциативную сферу, где процессы восприятия образов и их ассоциации формируются непрерывно и занимают секунды. Такие эффекты свойственны человеку, а способность к ним позвоночных животных, в частности, рыб, весьма ограничена. Тем не менее существует компромиссное решение.

Обучение протекает с высокой скоростью в тех случаях, когда способность к нему в высокой степени детерминирована генетически. Такие явления хорошо известны этологам. Прежде всего это акты избегания. Если крысе в неизвестной обстановке нанести сильный однократный удар электрическим током в определенном участке территории, она будет избегать этот участок в течение нескольких месяцев. Птенцы быстро обучаются реакции следования. Подробно изучены явления запечатлевания у лососевых рыб (Хайнд, 1975; Дьюсбери, 1981). Однако все эти акты видоспецифичны. В то же время практически всем позвоночным животным свойственно ориентировочное поведение, включающее элементы быстрого обучения.

Согласно общепризнанной оценке, высказанной И. П. Павловым и сформулированной Л. А. Орбели, ориентировочный рефлекс возникает как безусловный и протекает как условный (Бирюков, 1958). Эта форма поведения в большей степени изучалась физиологами и в меньшей — этологами.

Ориентировочные реакции формируются за счет сочетания врожденных и приобретенных компонентов. В общем случае, **ориентировочное поведение** представляет собой стохастический процесс ориентации, включающий ориентировочные рефлексы, осуществляющийся путем проб и ошибок.

Благодаря естественному отбору сформировались механизмы ориентировочного реагирования, позволяющие животным в кратчайшие сроки устанавливать значимость ситуации. При этом процесс проб и ошибок во многом детерминирован генетически. Организмы «настроены» на оценку изменения конкретного раздражителя и обстановки в целом в результате совершаемых ими движений. Если ситуация оказывается незначимой для животного, а «нервная модель» стимула совпадает с его текущей реализацией, развивается привыкание и целенаправленные двигательные акты отсутствуют (Соколов, 1981). Следствие: если каким-либо техническим путем было бы обеспечено постоянство «новизны» обстановки, ориентировочное поведение длилось бы продолжительное время и на этой основе возможно было бы управление поведением животных. Свойством «новизны» обладают любые раздражители, воспринимаемые животными, если они не могут прогнозировать их дальнейшее течение во времени и в пространстве. При этом эти раздражители могут быть индифферентны животным в плане реализации каких-либо актов жизнедеятельности — (пищевых, половых, оборонительных и т. п.) (Соколов, 1958; Хайнд, 1975; Дьюсбери, 1981).

В 70—80-х годах развернулась широкая дискуссия о роли подкрепления в процессе обучения. Большинство исследователей придерживалось мнения о необходимости использования в качестве подкрепления раздражителей, связанных с реализацией завершающих поведенческих актов. В то же время, известны многочисленные примеры, иллюстрирующие возможность подкрепления при отсутствии завершающей фазы поведения и редукции влечений. Подкрепляющим эффектом обладают сладкие, но непитаемые растворы сахарина, незавершенная копуляция, маленькие порции пищи, но изменяющие мотивации, мнимое кормление и питье (Макаренко, 1972). М. Морган приводит обзор работ по изучению «сопротивления насыщению» — животное продолжает выполнять инструментальную реакцию даже тогда, когда оно не выполняет (после насыщения) завершающей активности, на которую первоначально была направлена инструментальная реакция (Morgan, 1974).

В лаборатории И. П. Павлова была показана возможность образования временной связи между 2 индифферентными раздражителями. В результате подробного изучения этого эффекта выяснилось, что такие рефлексы весьма нестабильны, а процесс их формирования существенно видоспецифичен (Schoenfeld, 1978). В дальнейшем широкое распространение получило представление о **выработке условнорефлекторной связи при сочетании индифферентных раздражителей на базе ориентировочного рефлекса** (Варга Прессман, 1958).

По данным Дж. Стивенсона, для самцов зябликов подкреплением служит их видовая песня, хотя при ее звучании отмечалась лишь ориентировочная реакция. Д. Берлайн и другие обнаружили, что знакомые звуковые и световые раздражители служат подкреплением для крыс в шумном помещении, тогда как в тихом помещении этого не наблюдается. Р. Хайнд считает общим признаком всех подкрепляющих агентов то, что они заставляют обращать на них внимание или вызывают ориентировочную реакцию (Хайнд, 1975).

В частности, акты рассматривания, принюхивания, прислушивания и т. п. являются, по сути дела, подкрепляющей активностью (Прибрам, 1975).

Животные обучаются выполнять разнообразные задачи в условиях, когда подкреплением служит возможность проводить исследовательскую деятельность. Например, крысы обучаются находить выходы из лабиринта, если подкрепление состоит в возможности обследовать новую сложную среду (Butler, 1960). Ряд опытов Р. Чэпмена, Н. Леви, Р. Франкена, Р. Стретча и др., проведенных в основном на крысах, свидетельствует, что при контролируемой сложности среды именно новизна раздражителей играла роль подкрепления (Хайнд, 1975). В опытах Г. Шнайдера и К. Гросса постоянно меняющиеся серии объектов-раздражителей сохраняли свое подкрепляющее значение для хомячков, тогда как уже знакомые объекты утрачивали это свойство (Schneider, Gross, 1965). У обезьян успешно проходит выработка реакции различения при «зрительном подкреплении» (возможности выглянуть в окошко). Л. А. Фирсовым описан переход у шимпанзе от отсроченного выбора пищи к отсроченному выбору игровой приманки по мере насыщения животного (Фирсов, 1972). Р. Аткинсон трактует подкрепление как средство модулирования потока информации (Аткинсон, 1980).

Таким образом, постепенно складывается представление о возможности обучения высших позвоночных животных при использовании в качестве подкрепления не только пищи, болевого раздражения и других факторов, связанных с реализацией завершающих актов жизнедеятельности, но и «новизны», сигнализирующей об изменении обстановки. На начальном этапе животному неизвестна значимость этого изменения (положительного, отрицательного или индифферентного). Поэтому процесс «переориентировки» будет происходить до установления на базе прежнего опыта качества и степени биологической значимости новых воздействий. Если возможно обучение животных путем подкрепления заданных движений новизной раздражителей, возможно и управление их поведением. Однако работы в этом направлении, проводимые в основном с птицами и млекопитающими, еще не вышли из стадии лабораторного эксперимента.

Рассмотрим одно из возможных направлений разработки средств управления поведением рыб, базирующееся на вышеизложенных положениях. Объектами исследования служили в основном годовики и двухлетки карповых (объекты прудового рыбоводства) и лососевые (перспективные объекты пастбищного морского рыбоводства) рыбы. Поскольку низшие позвоночные в этом аспекте исследованы крайне мало, материал представлен в виде последовательности лабораторных, а затем полевых экспериментов (в условиях Чернореченского форелевого хозяйства) возрастающей сложности:

1. Роль «новизны» раздражителя в формировании ориентировочного поведения. Двигательная активность (рис. 1, I) групп лососевых и карповых рыб, находящихся в садке  $35 \times 8 \times 1$  м, измерялась дистантным автографом и обрабатывалась пороговым методом (Солуха, 1979, 1981; Мельник, Солуха и др., 1983). В итоге обработки определялся показатель реагирования  $K$ , равный отношению уровня двигательной активности в течение стимуляции к фоновому уровню активности (или другому эталону). Если реакция отсутствовала,  $K$  равнялся 1, если реакция выражалась в замирании рыб,  $K$  был меньше 1, возбуждении — больше 1.

В качестве воздействия использовалось заведомо индифферентное исследовавшимся группам рыб слабое электрораздражение (менее  $0,1$  В/см). Такие раздражители ощущаются лососевыми и карповыми рыбами, но не вызывают у них четких болевых ощущений.

Наиболее низкий уровень вызванной ориентировочной активности наблюдался при воздействии постоянным током. Переменный ток той же напряженности в диапазоне  $50-400$  Гц вызывал значительное усиление уровня реакции и ослабление привыкания. Этот эффект имел место у карпов, стальноголобых лососей, радужной форели и кижучей и ряда других видов рыб. Наблюдается некоторая видоспецифичность эффекта в количественном отношении, но выражена она слабо.

При стохастическом изменении амплитуды воздействия от прежнего значения до нуля, ориентировочная реакция возрастает (рис. 2). Еще более сильный эффект вызывает частотная и сочетание обоих типов модуляции.

Ориентировочная реакция на стационарное (с постоянной дисперсией) шумовое электрораздражение вызывает практически такую же реакцию, как и переменное воздействие с постоянной амплитудой и частотой. Однако при стохастической модуляции этого же шумового воздействия по дисперсии (случайно пульсирующее раздражение) уровень ориентировочной реакции оказывается у всех видов рыб наибольшим, а процесс привыкания выражен наиболее слабо.

Общая закономерность следующая: **чем выше непредсказуемость сигналов для рыб, тем выше уровень ориентировочной реакции и слабее привыкание.** При этом энергия сигнала существенной роли не играет.

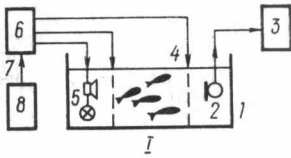
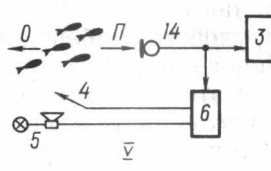
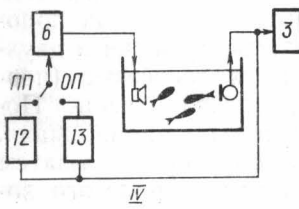
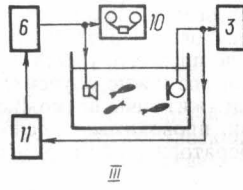
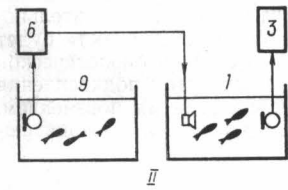


Рис. 1. Схемы проведения опытов:

1 — экспериментальный садок; 2 — актограф; 3 — самописец; 4 — электроды; 5 — акустический, световой и другие излучатели; 6 — стимулятор (генератор электрических процессов разной формы, выходное напряжение которого пропорционально управляющему сигналу); 7 — вход управляющего сигнала; 8 — генератор случайных управляющих сигналов; 9 — контрольный садок; 10 — магнитофон; 11 — блок задержки сигналов в цепи обратной связи (интегратор с переменной постоянной времени); 12 — формирователь сигнала обратной связи, прямопропорционально (ПП) уровню двигательной активности рыб; 13 — формирователь сигнала обратной связи, обратнопропорционально (ОП) уровню двигательной активности рыб; 14 — гидроакустический датчик скорости и направления перемещений рыбных скоплений; П — движение к системе управления; О — уход от нее.



Важно лишь, чтобы он воспринимался животным. Более мощные, но стационарные воздействия вызывают менее выраженную ориентировочную реакцию, чем слабые, но пульсирующие случайным образом. Эта закономерность прослеживается при использовании физических полей разной модальности и введении в садок объемных моделей с разной степенью подвижности.

Таким образом, роль «новизны» раздражителя для исследованных рыб оказалась не меньшей, чем для высших позвоночных.

II. Модуляция сигналов в «такт» двигательной активности контрольной группы рыб. В серии экспериментов, описанной выше, использовались детерминированные или модулированные по случайному закону раздражители. На следующем этапе модуляция воздействий осуществлялась пропорционально уровню двигательной активности животных в контрольном садке (рис. 1, II). Для этого сигнал контрольного актографа подавался на модулятор, осуществляющий изменение амплитуды стимулов (акустических, электрических, световых и т. п.) в экспериментальном садке.

Оказалось, что реакция на сигналы, модулированные случайным образом и пропорционально двигательной активности рыб в соседнем садке, практически не отличаются. Этот эффект проявляется аналогичным образом при воздействиях любой модальности.

III. Модуляция сигналов в «такт» собственной двигательной активности рыб. На управляющий вход стимулятора подавались сигналы актографа, установленного в основном садке (рис. 1, III). Оказалось, что модуляция раздражителей любой модальности в «такт» текущим движениям рыб вызывает резкое усиление ориентировочного поведения. Привыкание к воздействию развивается за столь длительное время, что при практических приложениях этот процесс можно не учитывать.

В серии уточняющих экспериментов ориентировочные реакции на сигналы, модулированные текущей активностью рыб, сравнивались

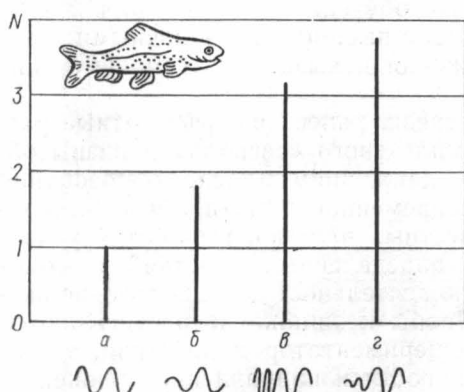
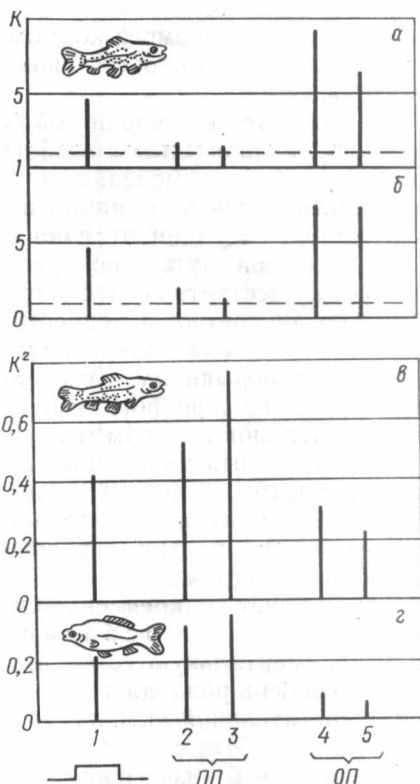


Рис. 2. Зависимость показателя реагирования радужной форели (эталон — реакция на воздействие с постоянной амплитудой и частотой) от типа модуляции 5-секундного электрораздражения:

а — переменный ток частотой 200 Гц; б — амплитудная модуляция с коэффициентом 0,3; в — частотная модуляция с коэффициентом 0,5; г — оба типа модуляции одновременно.

Рис. 3. Уровень вызванной двигательной активности группы рыб из 100 особей:

1 — без обратной связи; 2 и 4 — постоянная времени цепи обратной связи 0,1 с; 3 и 5 — 1 с; 2 и 3 — прямопропорциональная обратная связь; 4 и 5 — обратнопропорциональная связь; а и б — электрораздражение радужной форели; в — акустическая стимуляция радужной форели; г — акустическая стимуляция карпов. Режим управления б отличается от а тем, что крутизна модуляционной характеристики стимуляции выше (коэффициент передачи цепи обратной связи больше на 10 дБ) и сходным изменениям активности соответствует большее изменение стимула, но в пределах одного и того же диапазона уровней.



с реакцией на эти же сигналы, но предъявленные через некоторое время путем их воспроизведения с магнитофона (рис. 1, III). Оказалось, что «текущие» оценки реакций гораздо выше и стабильнее, чем в случае реагирования на магнитофонные записи сигналов, изменяющихся в «такт» предшествующей двигательной активности этих же рыб (как годовиков, так и двухлеток).

Оценить с помощью магнитофона минимальное время задержки, при котором ориентировочное поведение начинает ослабляться, не удалось. Время записи и перемотки ленты составляло около минуты. Этого периода оказалось достаточно для полного устранения корреляции между движением рыб и соответствующим изменением сигнала. Поэтому на выходе актографа была установлена цепь электронной задержки, работающая в диапазоне 0,1—100 с (рис. 1, II).

Оказалось, что ориентировочное поведение ослабевает при задержке большей 2—5 с, а при задержке больших 10 с, сигнал воспринимается

рыбами как случайно модулированный (см. п. II). Отсюда следует однозначный вывод о том, что наблюдаемый эффект усиления ориентировочного поведения при изменении сигналов в «такт» движениям животных связан с процессами кратковременной памяти.

Хорошо известно, что животное может обучаться некоторому действию, если подкрепление следует за ним не позднее, чем через 5 с. При этом условии гарантируется присутствие образа подкрепляемого действия в кратковременной памяти (Линдсей, Норман, 1974). В данном случае подкреплением является изменение сигнала, но не случайным образом (см. описание экспериментов с высшими позвоночными) а в «такт» движениям самих животных. Использован алгоритм обучения отличающийся от классической условнорефлекторной схемы и приближающийся к схеме инструментального обучения. Вместо нажима на педаль, подкрепляемого кормом (опыты с высшими позвоночными), животное изменяет скорость своих движений и вызывает этим изменение раздражителя.

В результате введения обратной связи, ранее индифферентные раздражители приобретают свойства комплексного «сигнала» новизны обстановки и ее изменения в «такт» движениям (после образования соответствующей ассоциации в кратковременной памяти). Эта экспериментальная ситуация отлична от известных приемов выработки условных рефлексов путем подкрепления определенных действий возможностью осуществить исследовательскую деятельность. Подкрепление вводится не дискретно, а непрерывно. Пробы и ошибки не растягиваются во времени в виде подкрепляемых экспериментатором действий, а сводятся к непрерывному изменению скорости и направления движений. Происходит не перепрограммирование действия, а текущая корректировка двигательной программы.

В целом, вышеописанный процесс реагирования можно назвать ориентировочным инструментальным обучением (Солуха, 1982). Ориентировочный компонент определяется постоянным изменением воздействия («новизной»), инструментальный — обусловлен корреляцией текущих изменений раздражителя и двигательной активности. Обучение осуществляется за счет подкрепления сигнала его изменением.

IV. Целенаправленное изменение воздействия. В экспериментальную установку были введены блоки, позволяющие изменять уровень раздражителя прямо- (ПП) или обратнопропорционально (ОП) двигательной активности рыб (рис. 1, IV). При исходно индифферентных воздействиях (например, слабое электрораздражение лососевых и карповых рыб) изменение типа обратной связи (ПП или ОП) не вносило качественных изменений в картину реагирования. В обоих случаях усиливалась ориентировочная реакция и ослаблялась реакция привыкания. Режимы отличались лишь по пороговому уровню воздействия, при котором начиналась ориентировочная инструментальная реакция.

При исходно значимых воздействиях режимы управления отличались качественно. Наблюдалась тенденция к усилению рыбами положительных воздействий (увеличение скорости движений в режиме ПП и замедление в режиме ОП) и ослабления отрицательных (замедление в режиме ПП и увеличение скорости движений в режиме ОП). Аналогичные эффекты наблюдались у исследованных видов рыб при акустических световых и электрических воздействиях. Изменение постоянной времени цепи обратной связи в пределах 0,1—1 с практически не сказывалось на эффекте ослабления электрораздражения лососевыми рыбами (рис. 3 а и б), но играло существенную роль при усилении ими уровня акустических сигналов, имитирующих звуки питания (рис. 3, в). Вышеописанные эффекты отличались у карповых и лососевых рыб количественно, но не качественно. Время установления ассоциации «изменение активности — изменение воздействия» и перехода рыб к оптимальному режиму движений составляло 10—25 с. Следует особо подчеркнуть, что таким

методом можно определять значимость тех или иных воздействий для разных видов рыб и ее степень.

Таким образом, вышеописанный эффект относится к феноменам «быстрого обучения», обусловленным генетической детерминацией способности рыб к сопоставлению своих движений и положения в пространстве с изменением факторов внешней среды. Поскольку эффект ориентировочного поведения обусловлен процессами в кратковременной памяти,

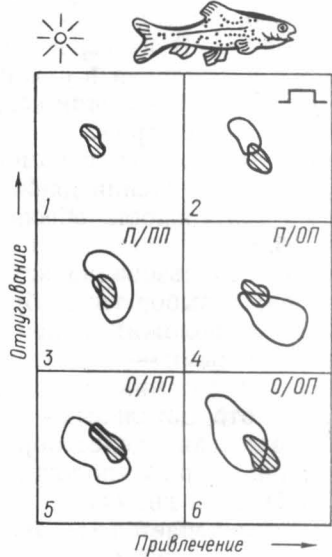
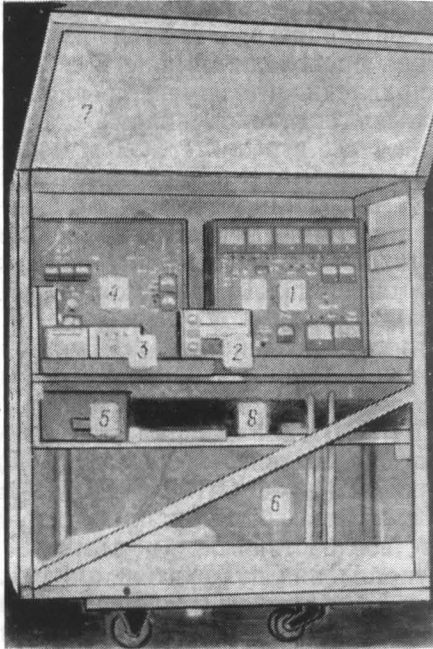


Рис. 4. Аппаратурная часть устройства:

1 — стойка регистрации; 2 — координатный самописец Н 359; 3 — самописец Н 381; 4 — стойка формирования командных сигналов; 5 — аккумулятор; 6 — отсек для акустической базы; 7 — передвижная стойка; 8 — магнитофон.

Рис. 5. Распределение скоростей движений одно- и двухплекток радужной форели при их привлечении и отпугивании световым полем путем формирования целенаправленного ориентировочного инструментального поведения:

1 — фон; 2 — реакция на включение постоянного источника света; 3, 4, 5, 6 — режимы прямопропорциональной (ПП) и обратнопропорциональной (ОП) обратной связи освещенности с компонентом средней скорости движения группы рыб к системе управления (П) и от нее (О). Усреднены результаты, полученные в 5 садках, содержащих по 100—600 особей. В каждом садке проведено 5 измерений. Время стимуляции — 1 мин.

разрушение ассоциации происходит за такое же время, как и ее установление. У разных видов рыб при воздействиях разной модальности оценки времени «забывания» варьировали в диапазоне 15—80 с.

Если после установления ассоциации «движение — изменение исходно индифферентного сигнала», увеличить его интенсивность до уровня болевых ощущений (прием, аналогичный «методу напоминания»), за 25—100 с устанавливается новая ассоциация «движение — изменение воздействия — изменение болевого ощущения». После возврата к прежнему режиму слабого воздействия, реакция на него изменяется и качественно совпадает с реакцией на сильное отрицательное болевое раздражение. При этом ассоциация оказывается переведенной в долговременную память. Оценки времени забывания в этом случае составили 20—30 мин.

V. Инструментальное ориентировочное привлечение и отпугивание рыб. Эффект ориентировочного инструментального обучения, описанный в п.п. III—IV, удалось применить для управления поведением рыбных скоплений. Для этого вместо актографа

был использован гидроакустический локатор (рис. 4), позволяющий определять скорость и направление движения рыб на значительных расстояниях (рис. 1, V). В «такт» изменению скорости движения лососевых рыб к системе управления (П) и от нее (О), прямо-(ПП) или обратно-пропорционально (ОП) изменялся уровень акустических, световых и электрических воздействий.

Изменением воздействия подкреплялись только движения в сторону системы управления (П) или только от нее (О). Поэтому эффект ориентировочного инструментального обучения при исходно индифферентных воздействиях имел место лишь при движениях рыб в одну из сторон. Из-за этого соответствующие движения происходили чаще и с большей скоростью, чем в альтернативном направлении, где изменения сигнала не происходило. В итоге, все скопление постепенно смещалось в сторону системы управления в режиме П или от нее в режиме О. Тип обратной связи (ПП или ОП) при исходно индифферентных воздействиях существенной роли не играл.

Таким образом, с помощью исходно индифферентных воздействий за счет подкрепления движений возможностью осуществить ориентировочную деятельность обеспечивается как привлечение, так и отпугивание рыб.

При использовании исходно значимых воздействий, существенную роль играет выбор типа обратной связи (ПП и ОП). Привлечение обеспечивается положительными воздействиями в режимах П/ПП и О/ОП, отрицательными — в режимах П/ОП и О/ПП. Уход рыб наблюдается при использовании положительных воздействий в режимах П/ОП и О/ПП, отрицательных — в режимах П/ПП и О/ОП. То есть действия рыб совершенно целесообразны и «логичны». Рассмотрим, например, отпугивание рыб положительными воздействиями (режимы П/ОП и О/ПП). При движении к системе управления положительный раздражитель уменьшается (П/ОП), а от нее — сохраняет постоянное значение. После серии «проб и ошибок», занимающей 20—50 с, движения к системе управления совершаются реже и скопление смещается от нее. Во втором режиме, при движении к системе управления положительное воздействие отсутствует, от нее — увеличивается прямопропорционально скорости движений (О/ПП). Поэтому движения от системы управления совершаются чаще и с большей скоростью, чем к ней.

Аналогичным образом происходит обучение целенаправленным движениям в поле отрицательных воздействий (для лососевых рыб — яркий свет и сильное электрораздражение). Если записать распределение скоростей движений к системе управления и от нее с помощью двухкоординатного самописца (рис. 5), четко прослеживается соотношение проб и ошибок в разных режимах. Например, привлечение в режиме П/ОП происходит гораздо эффективнее (при значительно меньшем числе ошибок), чем в режиме О/ПП. Во втором случае четкий эффект движения к системе управления проявляется лишь через несколько минут.

Хорошо известно, что ориентировочно-исследовательское поведение характеризуется низким порогом возникновения, широкой генерализацией возбуждения, отсутствием специфической рефлексогенной зоны (Соколов, 1958). Полученные результаты полностью соответствуют этим положениям Е. Н. Соколова. В частности, пороги чувствительности к раздражителям при ориентировочном инструментальном обучении оказываются гораздо ниже, в отдельных случаях на несколько порядков, чем при классическом условнорефлекторном (Солуха, 1982). Эффекты привлечения и отпугивания слабыми воздействиями также проявляются на больших расстояниях, чем при использовании других методов.

Чрезвычайно важной для практических приложений особенностью метода является возможность сочетать любые комплексы воздействий (исходно индифферентных, положительных и отрицательных) для обеспечения движения в одну сторону. Например, привлечение обеспечивает



ся сочетанием имитации звуков питания в режимах П/ПП или О/ОП, с электрораздражением в режимах П/ОП или О/ПП. В дальней зоне эффект привлечения обеспечивается звуковыми воздействиями, в ближней — звуковым и электрическим полем совместно. Эффективность действия установки при комплексных воздействиях повышается.

Следует отметить, что экономичность функционирования системы управления в вышеописанном режиме гораздо выше, чем при использовании постоянных воздействий. Например, в режиме О/ПП электрораздражение осуществляется только в том случае, когда рыбы двигаются от системы управления. Поэтому расход электроэнергии значительно снижается. Это обстоятельство особенно важно при работе в морских условиях.

Ориентировочный инструментальный способ управления поведением животных может оказаться весьма перспективным для использования на объектах народного хозяйства при решении ряда задач рыболовства, рыбоводства и охраны природы. Круг практических приложений, где вышеуказанный метод может использоваться в чистом виде, ограничен. Ряд устройств, разработанных в I и II направлениях ИЭМЭЖ им. А. Н. Северцова АН СССР, ГосНИОРХом, ВНИРО МРХ СССР, МГУ, в частности, системы электрозаграждения, электролова, лова рыбонасосами в сочетании со световыми и электрическими воздействиями, электрифицированные тралы, могут быть дополнены следящей системой и переведены в экономичный и в то же время более эффективный режим адаптивного управления. При этом необходимо, например, установить, на каком этапе онтогенеза мальки разных видов рыб оказываются способными к быстрому обучению и многие другие прикладные аспекты.

В итоге проведенных исследований складывается представление о перспективности использования метода быстрого обучения рыб для отпугивания их от водозаборов и заморных участков акваторий с помощью световых и электрических полей. В условиях шельфовых рыбоводных хозяйств для управления поведением рыб наиболее эффективны акустические, химические и электромагнитные воздействия. Привлечение рыб в ставные невода и тралы целесообразно проводить с помощью акустических и электрических полей. Разработка этих вопросов повлечет за собой необходимость расширения сугубо зоологических исследований, связанных с анализом видоспецифичности реагирования, поведения близкородственных (в частности, гибридных) форм, скоплений рыб разного возраста и вида, соотношения врожденных и приобретенных компонентов реагирования на разных этапах онтогенеза.

- Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения.— М.: Прогресс, 1980.— 528 с.
- Бирюков Д. А. К вопросу о природе ориентировочной реакции.— В кн.: Ориентировочный рефлекс и ориентировочно-исследовательская деятельность. М., 1958, с. 20—25.
- Варга М. Е., Прессман Я. М. О некоторых особенностях условнорефлекторной связи при сочетании так называемых индифферентных раздражителей.— Там же, с. 33—40.
- Дьюсбери Д. Поведение животных.— М.: Мир, 1981.— 480 с.
- Крушинский Л. В., Зорина З. А., Полетаева И. И., Романова Л. Г. Введение в этологию и генетику поведения.— М.: Изд-во МГУ, 1983.— 174 с.
- Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека.— М.: Мир, 1974.— 550 с.
- Макаренко Ю. А. Структура и функции центральных механизмов подкрепления.— В кн.: Механизмы и принципы целенаправленного поведения. М., 1972, с. 212—227.
- Мантейфель Б. П., Павлов Д. С., Ильичев В. Д., Баскин Л. М. Биологические основы управления поведением животных.— В кн.: Экологические основы управления поведением животных. М., 1980, с. 3—24.
- Мельник К. П., Солуха Б. В., Валентюк Е. И., Свиженко В. А. Пороговые оценки признаков зоологических объектов.— В кн.: Материалы II Респ. конф. по применению мат. методов в биологии. Киев, 1983, с. 234—242.
- Прибрам К. Языки мозга.— М.: Прогресс, 1975.— 464 с.
- Протасов В. Р. Поведение рыб.— М.: Пищевая промышленность, 1978.— 296 с.
- Соколов Е. Н. Ориентировочный рефлекс, его структура и механизмы.— В кн.: Ориентировочный рефлекс и ориентировочно-исследовательская деятельность. М., 1958, с. 111—120.

- Соколов Е. Н. Нейронные механизмы памяти и обучения.— М.: Наука, 1981.— 140 с.
- Солуха Б. В. Анализ двигательных реакций позвоночных.— Вестн. зоологии, 1979, № 4 с. 3—10.
- Солуха Б. В. Статистическая оценка функциональных признаков слухового анализатора позвоночных животных.— В кн.: Проблемы современной биометрии. М., 1981 с. 102—115.
- Солуха Б. В. Ориентировочное инструментальное поведение.— Докл. АН СССР, 1982 265, № 2, с. 497—500.
- Фирсов Л. А. Память у антропоидов.— Л.: Наука, 1972.— 231 с.
- Хайнд Р. Поведение животных.— М.: Мир, 1975.— 856 с.
- Butler R. A. Acquired drives and the curiosity investigative motives.— In: Principles of comparative psychology / Ed. Waters R. H., Rethlingshafer D. A., Caldwell W. F. New York, 1960, p. 144—176.
- Morgan P. A., Howse P. E. Conditioning of jackdaws (*Corvus monedula*) to normal and modified distress calls.— Anim. Behav., 1974, 22, N 3, p. 688—694.
- Schneider G. E., Gross C. G. Curiosity in the hamster.— J. Comp. Physiol. Psychol., 1962 59, p. 150—152.
- Schoenfeld W. N. "Rein for cement" in behaviour theory.— Pavlovian J. Biol. Sci., 1978 13, N 3, p. 135.
- Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена  
АН УССР

Получено 22.09.8

## ЗАМЕТКИ

**Структура рода *Tropicolotes* (Reptilia, Gekkonidae).** Subg. *Tropicolote* Peters, 1880 (s. str.). Типовой вид по первоначальному обозначению и монотипии: *T. tripolitanus* Peters, 1880. Подпальцевые пластинки с шипиками; соприкасающиеся с ноздрей два носовых щитка примерно равны друг другу, а также отнесенным от ноздри межносковым щиткам и окружающим чешуям морды. Включаемые виды: *T. tripolitanus* Peters, 1880; *T. steudneri* (Peters, 1869); *T. scortecci* Cherchi et Spano, 1963.

Subg. *Microgecko* Nikolsky, 1907, stat. n. Типовой вид по первоначальному обозначению и монотипии: *M. helenae* Nikolsky, 1907. Подпальцевые пластинки гладкие; с ноздрей соприкасается крупный межносковой щиток и пара значительно более мелких носовых. Включаемые виды: *T. (M.) helenae* Nik., 1907; *T. (M.) persicus* (Nikolsky, 1903); *T. (M.) latifi* Leviton et S. Anderson, 1972.

*Asiocolotes* Golubev, 1984 subg. n. Типовой вид: *Tropicolotes levitoni* Golubev et Szczerbak, 1979. Подпальцевые пластинки гладкие; соприкасающиеся с ноздрей два (реже три) носовых щитка примерно равны друг другу, а также отнесенным от ноздри межносковым щиткам и окружающим чешуям морды. Включаемые виды: *T. (A.) levitoni* Golubev et Szczerbak, 1979; *T. (A.) depressus* Minton et Jer Anderson, 1965 — М. Л. Голубев (Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузен АН УССР, Киев).

**О новой находке снеговой полевки (*Chionomys nivalis* Martins) в Карпатском парке.** 25.06.84 впервые добыта в Горганах на г. Хомяк (1450 н.у.м.) в зарослях сосны горной. Отловлена кормящая самка (вес 54 г, длина 126,1 мм, хвост 70 мм, плюсна 24 мм, ухо 13 мм). В рогах матки 4 темных пятна: 3 в правом и 1 в левом. Около места добычи найден кожаный столик с остатками хвои и семян жерепы, мха, черники. Находка свидетельствует о более широком распространении указанного вида в Карпатах, чем это считалось ранее, поскольку весь имеющийся коллекционный и литературный материал относится к Черногорскому массиву.— И. В. Ратко (Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузен АН УССР, Киев).