

ФИЗИОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

УДК 612.821.6

© 1998 г. СМЕРНОВА А.А., ЛАЗАРЕВА О.Ф., ЗОРИНА З.А.

ОБУЧЕНИЕ СЕРЫХ ВОРОН (*CORVUS CORNIX L.*) ОТВЛЕЧЕННОМУ ПРАВИЛУ ВЫБОРА ПО СООТВЕТСТВИЮ / НЕСООТВЕТСТВИЮ С ОБРАЗЦОМ

Шесть серых ворон обучали выбору по соответствию / несоответствию с образцом, чередуя три базовых набора стимулов, принадлежащих к трем разным категориям: цвет (черные и белые карточки), конфигурация (цифры "1" и "2"), число элементов (гетерогенные множества из одного и двух элементов). Один набор заменяли другим после достижения птицей критерия обучения (80% правильных решений в 30 последовательных предъявлениях) с предыдущим. Базовые наборы чередовали до тех пор, пока вороны не начинали достигать критерия с каждым из них в первых 30–50 предъявлениях. Затем тестировали степень отвлеченности сформированного правила выбора: сначала предъявляли новые стимулы вместе с использованными ранее (цифры и множества мощностью* от 1 до 4), а в заключительном тесте – только новые стимулы (цифры и множества мощностью от 5 до 8). При этом все четыре птицы, участвовавшие в эксперименте, продемонстрировали перенос правила выбора, в том числе и тогда, когда им предъявляли совершенно новые стимулы (в первых 24 предъявлениях от 75,0%, $p < 0,02$, до 83,3%, $p < 0,01$ правильных решений). Уровень переноса статистически не отличался от уровня, достигнутого в конце обучения. Отвлеченный характер усвоенного воронами правила выбора позволяет говорить о существовании у них способности к формированию довербального понятия о соответствии / несоответствии.

Одной из характерных черт мышления человека является его способность к обобщению, т.е. созданию "функциональных блоков систематизированной информации о предметах, явлениях, действиях, отношениях, тождестве и многом другом, хранящихся в аппаратах памяти" [7], и соответственно формированию абстрактных правил и понятий. В связи с этим представляется весьма интересным вопрос, в какой степени такие правила и понятия могут формироваться у животных.

Существуют разные методические подходы к изучению этой проблемы. Наряду с процессами дифференцировочного обучения часто используются процедуры, основанные на оценке субъектом сходства / отличия стимулов. В одном варианте такой задачи (собственно оценка сходства / отличия) животное должно сравнить два предъявляемых ему стимула и выразить результат сравнения соответствующей инструментальной реакцией [18] или выбором специального символа [16]. В другом варианте (задача выбора по образцу) животное обучают выбирать из двух или более стимулов тот, который соответствует (или не соответствует) стимулу-образцу. Последний вариант был предложен Н. Ладыгиной-Котс в 1914 г. [4], и с тех пор широко

* Под мощностью понимается число элементов во множестве (теория множеств – термин, принятый в математике).

применяется для исследования не только способности к обобщению, но и других аспектов высшей нервной деятельности животных (памяти, внимания и т.д.).

Если при решении таких задач у животного формируется действительно отвлеченное правило выбора, то животное демонстрирует высокие результаты (не отличающиеся от достигнутых в конце обучения) при первых же предъявлениях любых новых стимулов. В таком случае можно говорить об успешном переносе правила выбора. Показателем степени обобщения усвоенного правила может служить диапазон отличий этих новых стимулов от тех, что были использованы при обучении. Если животное переносит правило выбора на любые новые стимулы, в том числе и на стимулы, принадлежащие к другим категориям или модальностям [11, 12, 20], то говорят о формировании у животного абстрактного, отвлеченного правила выбора или довербального понятия о сходстве / отличии.

Степень абстрактности формируемого правила выбора и зависимость степени его отвлеченности от условий обучения у различных видов сильно варьируют. Человекообразные обезьяны легко усваивают именно отвлеченное правило выбора [6, 13]. Об этом свидетельствует, например, тот факт, что даже детеныши шимпанзе после обучения только с двумя тренировочными стимулами оказались способны правильно решать задачу выбора по образцу с любыми новыми стимулами [13]. Степень отвлеченности правила, формируемого низшими обезьянами (не человекообразными), сильнее зависит от процедуры обучения. Например, когда восемь капуцинов обучали выбору по образцу с двумя зрительными стимулами, только два животных показали перенос в первых 24 предъявлениях новых стимулов [8]. В то же время при использовании в процессе обучения большого числа разнообразных стимулов успешный перенос наблюдается чаще [14, 22]. Так, после обучения двух макак-резусов при предъявлении им разных комбинаций 38 звуков удалось получить доказательства переноса на новые звуки на уровне, не отличающемся от достигнутого в конце обучения [22]. Добиться у низших обезьян переноса правила выбора на стимулы других категорий без дополнительного обучения пока не удавалось [9].

Способность к усвоению правила выбора по сходству / отличию была исследована также у некоторых морских млекопитающих. Дельфины, как и человекообразные обезьяны, при обучении на одном-двух наборах стимулов формируют отвлеченное правило выбора; кроме того, показана их способность к межмодальному переносу [11]. Сходные результаты демонстрируют калифорнийские морские львы. Они успешно перенесли правила выбора после обучения на одной паре трехмерных объектов [15].

Процесс формирования правила выбора по сходству / отличию у птиц был изучен в основном на голубях. Большинство авторов приходят к выводу, что голуби обычно обучаются не отвлеченному правилу выбора по сходству / отличию, а частным правилам типа "если..., то" (например, "видишь красное – выбирай красное; видишь синее – выбирай синее"), основанным на конкретных признаках конкретных тренировочных стимулов [8, 17]. Прямые доказательства того, что у голубей все же можно сформировать достаточно отвлеченное правило выбора, были получены благодаря использованию в процессе обучения многих десятков разнообразных стимулов. При этом формирование отвлеченного правила выбора становится более экономичной стратегией, чем заучивание многочисленных частных правил [18, 21]. Так, после обучения двух голубей оценке сходства / отличия различных комбинаций 210 зрительных стимулов удалось получить доказательства переноса [18]. Еще более убедительные доказательства важности применения адекватной процедуры обучения были получены, когда одну группу голубей обучали выбору по образцу с использованием различных комбинаций 152 стимулов (цветных картинок), а вторую – только с двумя картинками. Для достижения критерия обучения (75%) птицам первой группы потребовалось более 27000 предъявлений (18 мес. экспериментов) и в заключительных тестах они показали перенос на новые стимулы на уровне 80%. Голуби второй группы, обучаемые только с двумя стимулами, разумеется, не смогли

перенести правило выбора. Несмотря на продемонстрированную потенциальную способность голубей обучиться использованию абстрактного правила, авторы отмечают, что эти птицы, очевидно, "предпочитают использовать абсолютные признаки стимулов и формировать ассоциации между ними" [21, с. 443].

Исследования способности к выбору по сходству / отличию у более высокоорганизованных птиц (врановые, попугаи) очень немногочисленны [10, 12, 16, 20]. Однако даже в этих работах продемонстрированы значительно более высокие по сравнению с голубями результаты. Так, европейская галка способна перенести правило выбора на стимулы новой категории (переход от выбора по цвету к выбору по ориентации линий) [20]. По данным О. Келера [12], у ворона обобщенное правило выбора могло быть сформировано не только на основе абсолютного сходства / отличия стимулов (по цвету, форме и т.п.), но и на основе их соответствия / несоответствия по числу элементов в множествах. Кроме того, им установлено, что ворон, обученный правилу выбора по соответствию / несоответствию числа элементов в множестве, был способен перенести это правило на стимулы другой модальности (переход от зрительных стимулов к звуковым) [12].

Целью настоящей работы является: 1) исследование процессов обучения серых ворон выбору по образцу на основе абсолютного сходства / отличия стимулов (по цвету или конфигурации) и на основе их соответствия / несоответствия по числу элементов в гетерогенных множествах; 2) изучение динамики формирования обобщенного правила выбора; 3) оценка степени его отвлеченности.

МЕТОДИКА

В работе использовали шесть серых ворон разного возраста (не моложе 2 лет). Ворон содержали в вольерах на открытом воздухе группами по две-три птицы. Одна из птиц (№ 250) участвовала ранее в поведенческих экспериментах (выработка сложных дифференцировок); с остальными птицами работу начинали с приучения к процедуре отлова, к пребыванию в экспериментальной клетке, к присутствию экспериментатора и т.д. Кроме того, птиц обучали скидывать карточки, накрывающие кормушки.

На время эксперимента ворону помещали в клетку размером 70×35×35 см. Опыт проводили следующим образом: с помощью рукоятки длиной 30 см в клетку вдвигали поднос (пластину текстолита размером 20×30 см), на каждую из двух половин которого была установлена цилиндрическая кормушка (высотой 3,7, диаметром 5,0 см). В одну из кормушек помещали подкрепление – личинок мучного хрущака. Кормушки накрывали картонными карточками (стимулы для выбора); между ними на поднос помещали карточку-образец (рис. 1). Использовали процедуру одновременного выбора по образцу, т.е. карточку-образец предъявляли вместе с карточками для выбора.

Трех птиц (№ 207, 208, 251) обучали правилу выбора по соответствию с образцом. В этих экспериментах подкрепление помещали под карточку, сходную с образцом. Трех других птиц (№ 250, 203, 297) обучали правилу выбора по несоответствию с образцом и помещали подкрепление под карточку, отличную от образца.

Для того чтобы дать птице время рассмотреть предъявляемые ей стимулы, поднос на 3–5 с помещали так, чтобы ворона уже могла видеть карточки, но еще не могла скинуть одну из них. В случае неправильного выбора поднос быстро извлекали из клетки, не давая птице открыть вторую кормушку.

Карточки-стимулы представляли собой квадраты картона размером 60×60 мм. Использовали стимулы, принадлежащие к трем различным категориям: черные и белые карточки, карточки с черными арабскими цифрами от "1" до "4" на белом фоне, карточки с гетерогенными графическими множествами, содержащими от одного до четырех геометрических элементов разной формы и цвета на белом фоне (синие прямоугольники, красные квадраты, зеленые треугольники, черные кружки).

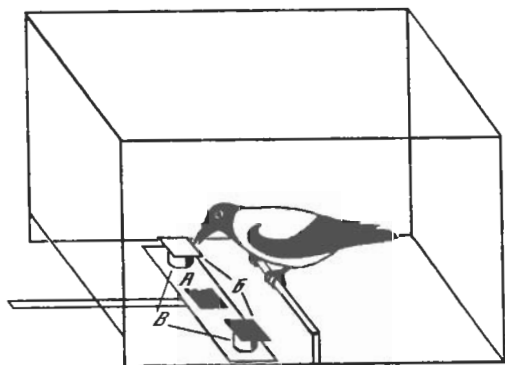


Рис. 1. Схема эксперимента. А – карточка-образец, В – карточки для выбора, В – кормушки

На стадии 11 использовали карточки размером 70×70 мм с цифрами и множествами мощностью от 5 до 8. Каждый стимул был представлен в двух вариантах (две черные карточки, две белые; две с цифрой "1", две с цифрой "2" и т.д.). Кроме того, если пара черных карточек, пара белых карточек и соответствующие пары карточек с цифрами были абсолютно идентичны друг другу, то пары множеств соответствовали друг

другу только по признаку числа элементов, тогда как сами элементы были разных формы и цвета.

Стороны предъявления кормушки с кормом чередовали в квазислучайном порядке: на фиксированном отрезке (10 или 8 предъявлений) – одинаковое число подкреплений слева и справа и не больше 2 раз подряд на одной стороне. В качестве образца предъявляли оба типа стимулов используемого набора (и черную, и белую карточки; цифры "1" и "2" и т.д.), также чередуя их квазислучайно.

На стадиях 1–9 обучения и тестирования, на каждой из которых использовали по две пары стимулов (черные и белые карточки, или цифры "1" и "2", или множества из одного и двух элементов, или цифры "2" и "3", или множества из двух и трех элементов и т.д.), их предъявляли в фиксированной квазислучайной последовательности из 10 комбинаций стимулов. На стадиях 10 и 11, которые отличались использованием сразу 8 стимулов (на стадии 10 – цифры и множества от 1 до 4, на 11 – цифры и множества от 5 до 8), их предъявляли в фиксированной последовательности из 48 неповторяющихся комбинаций карточек.

Подготовку подноса к предъявлению производили вне поля зрения вороны. Экспериментатор во время опыта находился сбоку от клетки за непрозрачным экраном. Экран не позволял птице видеть экспериментатора, который в свою очередь не видел птицу, что исключало возможность неосознанного влияния на ее поведение. Ритм работы и число предъявлений зависели от состояния птиц – в среднем 40 предъявлений в день. Необходимый уровень пищевой депривации подбирали индивидуально.

Обучение на каждой стадии проводили до достижения критерия: не меньше 80% правильных выборов в 30 предъявлениях подряд ($p \leq 0,001$).

Уровень достоверности правильных решений оценивали по биномиальному тесту в программе "STATGRAPHICS" (версия 5.0). Достоверность различий между уровнями правильных решений определяли по методу определения ошибки разности между выборочными долями [5]. Влияние на скорость обучения правила выбора (по сходству и по отличию) и характера сходства стимулов (абсолютное и относительное сходство) оценивали с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) в программе "STATISTICA for Windows" (версия 4.3).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе обучения (особенно на начальных этапах) у птиц часто наблюдались периоды либо стереотипных решений, либо применения альтернативных стратегий. В случае применения альтернативных стратегий (выбор по отличию, если требуется выбор по сходству и, наоборот, выбор по сходству, если требуется выбор по отличию) птица могла на протяжении 10–20 предъявлений практически не получать подкрепления и, тем не менее, неоднократно возвращаться к этой стратегии поведения. При стереотипном способе решения (предпочтении определенной стороны, цвета или цифры) в условиях квазислучайного чередования всех параметров птица получала

подкрепление в 50% случаев. На обучающих стадиях в подобных случаях применяли процедуру коррекции – повторяли одно и то же предъявление несколько раз подряд.

Кроме того, в процессе обучения птицы часто обнаруживали признаки возбуждения, угнетения или недовольства: они могли метаться по клетке, рвать бумажную подстилку, уносить карточки и кормушки и топить их в поилке, выпрыгивать на поднос, замирать с открытым клювом. В этих случаях в работе делали перерыв на 5–30 мин.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ

Стадия 1. Использовали набор черных и белых карточек. Для того чтобы привлечь внимание птицы к образцу, его помещали вплотную к подкрепляемой карточке для выбора: либо к карточке того же цвета, что и образец (для птиц, обучаемых в дальнейшем выбору по соответствию с образцом), либо к карточке, отличающейся по цвету от образца (для птиц, обучаемых в дальнейшем выборе по несоответствию).

Для достижения критерия (не меньше 80% правильных выборов в 30 предъявлениях подряд) птицам требовалось от 150 до 760 предъявлений.

ОБУЧЕНИЕ ВЫБОРУ ПО СООТВЕТСТВИЮ (ИЛИ НЕСООТВЕТСТВИЮ) С ОБРАЗЦОМ

На всех последующих стадиях обучения и тестирования образец помещали точно в середине подноса. Таким образом, птица могла решить задачу только на основе сопоставления карточки-образца с карточками для выбора.

Стадия 2. Применяли тот же набор стимулов, что и на стадии предварительного обучения, – черные и белые карточки (рис. 2, А). В первых 30 предъявлениях две вороны № 250 и 203 показали довольно высокий уровень правильных решений (рис. 3, А, Е) – соответственно 73,3 ($p = 0,01$) и 70,0% ($p < 0,03$). Тем не менее, для стабилизации уровня правильных решений и достижения критерия им потребовалось совершенно различное число предъявлений: вороне № 250 – 500, а вороне № 203 – 50 предъявлений; остальным птицам – от 270 до 870 (рис. 4). Достоверный перенос правила выбора и быстрое достижение критерия вороной № 203 свидетельствуют о том, что на стадии 1, когда выбор кормушки с личинками можно было осуществлять по расположению образца, эта птица сопоставляла и цвета карточек, т.е. усваивала информацию, не являющуюся непосредственно необходимой для решения задачи.

Стадия 3. Предъявляли набор карточек с арабскими цифрами "1" и "2" (рис. 2, Б).

В первых 30 предъявлениях ни у одной птицы не наблюдалось уровня правильных решений, достоверно отличного от случайного (рис. 3). Достижение критерия потребовало от 160 до 1120 предъявлений (рис. 4). Тот факт, что вороны не смогли применить правило выбора, сформированное на черных и белых карточках, к новым стимулам, принадлежащим к другой категории, говорит о его частном характере.

Стадия 4. Использовали набор карточек с множествами, состоящими из одного и двух элементов (рис. 2, В): две карточки с одним элементом (на одной – зеленый треугольник, на другой – черный кружок) и две карточки с двумя элементами (на одной – зеленый треугольник и красный квадрат; на другой – синий прямоугольник и черный кружок).

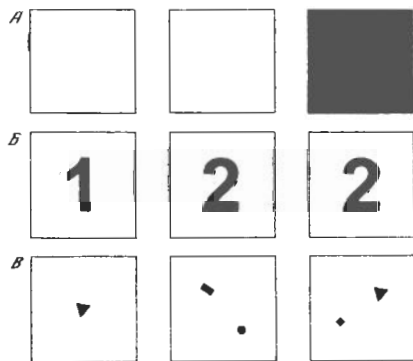


Рис. 2. Примеры комбинаций стимулов трех категорий (базовый набор), использованных для обучения выбору по соответствию / несоответствию с образцом. Категории признаков: А – цвет, Б – конфигурация цифр, В – число элементов в гетерогенных множествах

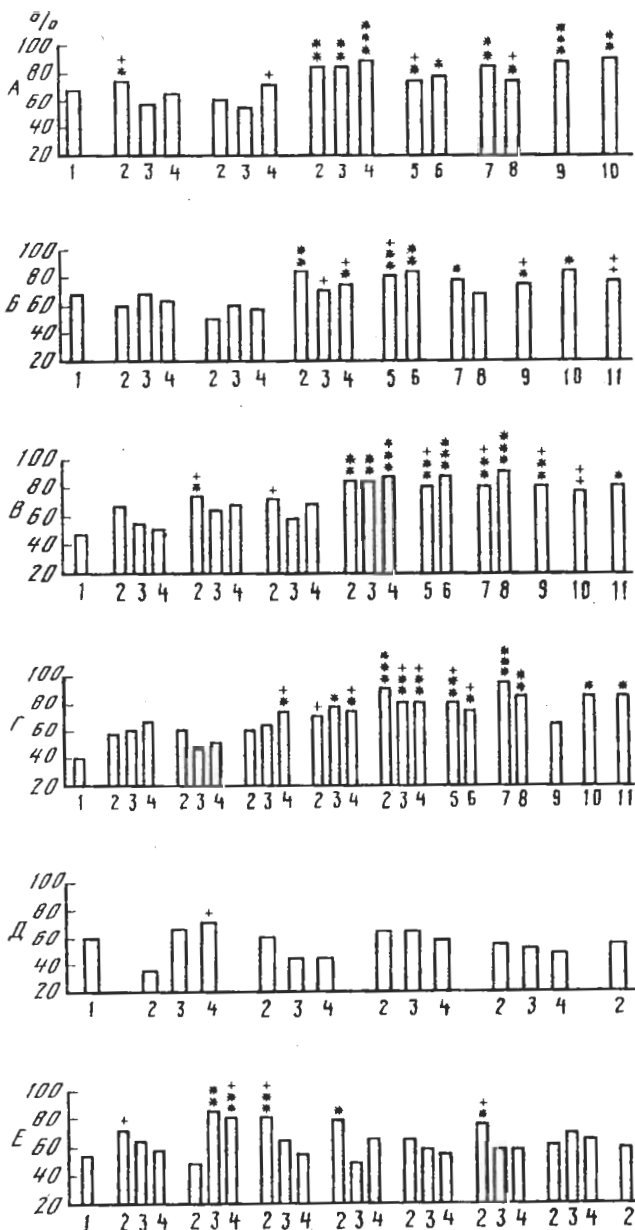


Рис. 3. Перенос правила выбора. А – ворона № 250, Б – 208, В – 251, Г – 297, Д – 207, Е – 203. По горизонтали – стадии обучения и тестирования; по вертикали – процент правильных решений в первых 30 предъявлениях (или первых 24 – для стадий 10 и 11). Отличия доли правильных решений от случайного (50%) выбора: * – $p < 0,01$; ** – $p < 0,001$; *** – $p < 0,0001$; + – $p < 0,03$; ++ – $p < 0,02$; +++ – $p = 0,01$; ** + – $p = 0,001$

В первых 30 предъявлениях одна из птиц (№ 207) показала достоверно отличный от случайного уровень правильных решений (70%, $p < 0,03$), тем не менее, для достижения критерия ей потребовалось 750 предъявлений (рис. 3, Д; 4, Д). Ворона № 297 достигла критерия уже после 40 предъявлений (рис. 4, Г). Данная задача (выбор по отвлеченному признаку числа элементов вне зависимости от их цвета, расположения и формы) представляется нам сложнее двух предыдущих, в которых образец был абсо-

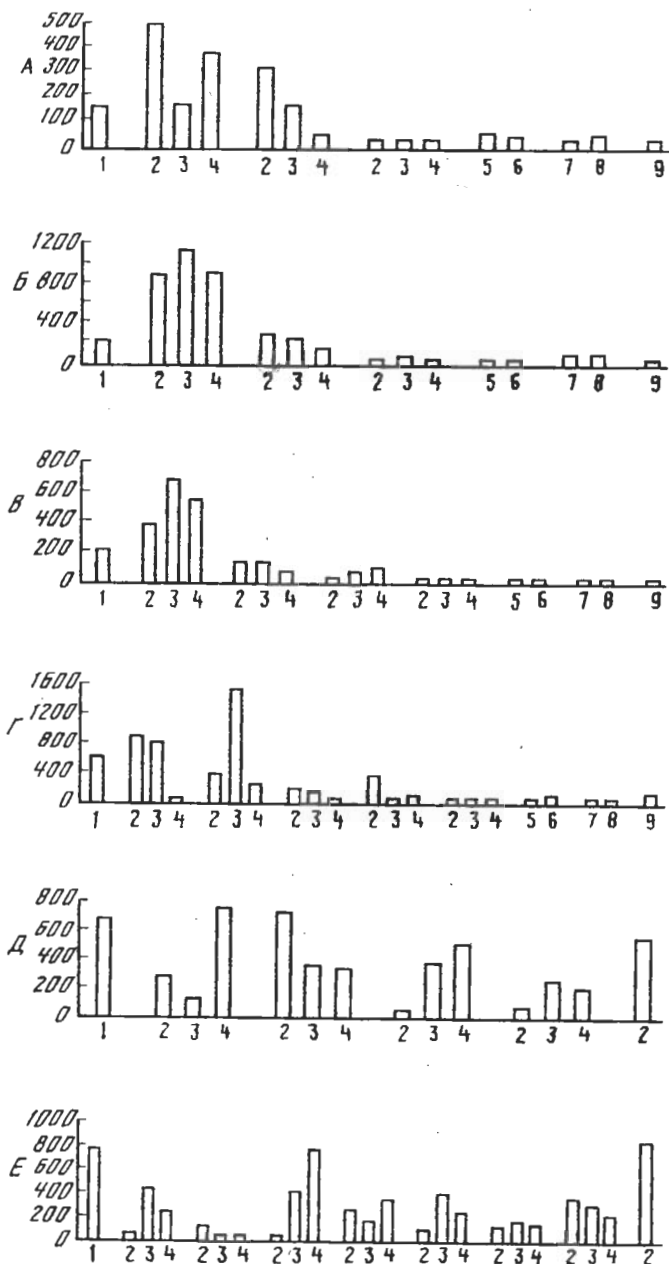


Рис. 4. Динамика обучения и тестирования. А – ворона № 250, Б – 208, В – 251, Г – 297, Д – 207, Е – 203. По горизонтали – стадии обучения и тестирования; по вертикали – число предъявлений, потребовавшееся для достижения критерия

лютно идентичен одному из стимулов для выбора. Поэтому тот факт, что одна из птиц достигла критерия уже после 40 предъявлений, а другая уже в первых 30 предъявлениях решала задачу на уровне 70%, оказался для нас весьма неожиданным. Эти две вороны практически продемонстрировали перенос правила выбора на стимулы новой категории, перейдя при этом от выбора на основе абсолютного сходства / отличия к выбору по соответствию / несоответствию числа элементов в гетерогенных множествах.

Остальные четыре вороны не смогли перенести правило, усвоенное на двух предыдущих стадиях, на стимулы новой категории. Для достижения критерия им потребовалось от 230 до 890 предъявлений (рис. 4).

ЧЕРЕДОВАНИЕ ТРЕХ БАЗОВЫХ НАБОРОВ СТИМУЛОВ (ЧЕРНЫЕ И БЕЛЫЕ КАРТОЧКИ, ЦИФРЫ, "1" И "2", МНОЖЕСТВА ИЗ ОДНОГО И ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ)

Чтобы добиться обобщения правила выбора, мы повторяли циклы предъявления трех базовых наборов стимулов (черные и белые карточки, цифры "1" и "2", множества из одного и двух элементов). Обучение считали законченным, когда достижение критерия с каждым набором стимулов происходило в первых 30–50 предъявлениях. Скорость обучения у разных ворон сильно варьировала: воронам № 250 и 208 понадобилось три цикла, а воронам № 251 и 297 – четыре и пять циклов соответственно (рис. 4). Интересно отметить, что вороне № 297, которая при первом же предъявлении гетерогенных множеств достигла критерия всего лишь за 40 предъявлений, для достижения критерия при повторном использовании набора черных и белых карточек потребовалось 380 предъявлений, а при повторном использовании набора карточек с цифрами "1" и "2" – 1560 предъявлений (вместо 860 и 770 предъявлений соответственно при первом использовании этих наборов). У двух птиц (№ 207 и 203) на протяжении четырех и семи циклов соответственно сформировать общее правило выбора так и не удалось (рис. 3, Д, Е; 4, Д, Е). Гибель этих птиц не позволила продолжить эксперименты.

Для характеристики уровня правильных решений, достигнутого в конце обучения каждой из четырех ворон, мы усреднили результаты последних 30 предъявлений по каждому из трех базовых наборов стимулов в последнем цикле. Этот уровень у ворон № 250 и 251 составил 84,4%, у вороны № 297 – 83,3% и у вороны № 208 – 75,6%.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОТВЛЕЧЕННОСТИ СФОРМИРОВАННОГО ПРАВИЛА ВЫБОРА С ПОМОЩЬЮ НОВЫХ СТИМУЛОВ

На стадиях 5 и 6 использовали новые комбинации стимулов, состоящие как из уже предъявлявшихся карточек (цифра "2" и множества из двух элементов), так и из абсолютно для птиц незнакомых (цифра "3" и множества из трех элементов). На стадиях 7 и 8 предъявляли соответственно цифры "3" и "4" и множества из трех и четырех элементов.

Ни у одной из четырех ворон ни в одном из этих тестов уровень правильных решений в первых 30 предъявлениях статистически не отличался от уровня, достигнутого в конце обучения ($p \geq 0,05$).

Стадия 5. При предъявлении цифр "2" и "3" три птицы достигли критерия за минимальное число предъявлений (30), и одна (№ 250) – за 50 предъявлений (в первых 30 предъявлениях – 73,3% правильных решений, $p = 0,01$; рис. 3 и 4).

Стадия 6. При предъявлении множеств из двух и трех элементов двум птицам (№ 251 и 208) для достижения критерия потребовалось минимальное число предъявлений (30), вороне № 250 – 40 (в первых 30 предъявлениях – 76,7% правильных решений, $p < 0,01$), вороне № 297 – 60 предъявлений (в первых 30 – 73,3%, $p = 0,01$; рис. 3 и 4).

Стадия 7. При предъявлении цифр "3" и "4", не использовавшихся в процессе обучения, трем птицам для достижения критерия потребовалось минимальное число предъявлений (30). Ворона № 208 достигла критерия за 90 предъявлений. Однако в первых же 30 предъявлениях она показала 76,7% правильных решений ($p < 0,01$; рис. 3 и 4).

Стадия 8. При предъявлении множеств из трех и четырех элементов, также не использовавшихся в процессе обучения, две птицы (№ 251 и 297) достигли критерия за минимальное число предъявлений, а ворона № 250 – за 40 предъявлений (в первых 30

-73,3% правильных решений, $p = 0,01$). Вороне № 208 для достижения критерия потребовалось 100 предъявлений, причем в первых 30 было всего 66,7% правильных решений ($p > 0,05$; рис. 3 и 4).

ТЕСТ НА ИНВАРИАНТНОСТЬ ВОСПРИЯТИЯ ЦИФР ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИХ ОРИЕНТАЦИИ

Стадия 9. Чтобы выяснить, влияет ли ориентация цифр на определение птицами их тождества, карточки с цифрами "1" и "2" размещали случайным образом, так что они могли быть повернуты к птице любой стороной.

Две птицы (№ 250 и 251) достигли критерия за минимальное число предъявлений, ворона № 208 – за 40 предъявлений (в первых 30 – 73,3%, $p = 0,01$), ворона № 297 – за 120 предъявлений (в первых 30 – 63,3% правильных решений, $p > 0,05$). Таким образом, для трех из четырех птиц изменение ориентации цифр не усложнило задачу.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОТВЛЕЧЕННОСТИ СФОРМИРОВАННОГО ПРАВИЛА ВЫБОРА С ПОМОЩЬЮ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ КОМБИНАЦИЙ ЦИФР И КОМБИНАЦИЙ МНОЖЕСТВ ОТ 1 ДО 4

Стадия 10. На этой стадии в квазислучайном порядке чередовали предъявления арабских цифр с предъявлениями гетерогенных множеств, причем к ранее использованным сочетаниям ("1" и "2", "2" и "3", "3" и "4") добавили три новых ("1" и "4", "2" и "4", "1" и "3") – всего 48 неповторяющихся комбинаций стимулов. Для каждой птицы фиксированную последовательность из 48 предъявлений повторяли дважды (всего 96 предъявлений).

Все четыре птицы продемонстрировали высокий уровень правильных решений как в первых 24 предъявлениях, так и в целом, за 96 предъявлений (рис. 3 и 4, таблица). Ни у одной из четырех птиц не было выявлено статистически достоверных различий между долями правильных выборов для комбинаций стимулов, использованных при обучении, и долями для новых комбинаций ($p \geq 0,05$). Кроме того, уровень правильных решений в первых 30 предъявлениях ни у одной из птиц статистически не отличался от уровня, достигнутого в конце обучения ($p \geq 0,05$). Таким образом, все четыре вороны легко осуществили перенос правила выбора на новые комбинации стимулов.

Оценка степени отвлеченности сформированного правила выбора (стадии 10 и 11)

№ вороны	Доли правильных выборов			
	на стадии 10			на стадии 11
	в целом за 96 предъявлений	для комбинаций, использованных при обучении	для комбинаций, не использованных при обучении	в целом за 48 предъявлений
250	87,4 $p < 0,0001$	87,5 $p < 0,0001$	87,5 $p < 0,0001$	Не участвовала
297	84,4 $p < 0,0001$	85,4 $p < 0,0001$	83,3 $p < 0,0001$	83,3 $p < 0,0001$
251	77,0 $p < 0,0001$	68,7 $p < 0,01$	85,4 $p < 0,0001$	75,0 $p < 0,001$
208	78,1 $p < 0,0001$	75,0 $p < 0,001$	81,3 $p < 0,0001$	83,3 $p < 0,0001$

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОТВЛЕЧЕННОСТИ СФОРМИРОВАННОГО ПРАВИЛА ВЫБОРА С ПОМОЩЬЮ ВСЕХ ВОЗМОЖНЫХ КОМБИНАЦИЙ ЦИФР И КОМБИНАЦИЙ МНОЖЕСТВ ОТ 5 ДО 8

Стадия 11. На этой стадии в квазислучайном порядке чередовали предъявления арабских цифр с предъявлениями гетерогенных множеств мощностью от 5 до 8 – всего 48 неповторяющихся комбинаций стимулов. В первых 24 предъявлениях совершенно новых стимулов все три вороны (ворона № 250 не участвовала в этом эксперименте) продемонстрировали высокий уровень правильных решений (№ 208 – 75,0%, $p < 0,02$; № 251 – 79,2%, $p < 0,01$; № 297 – 83,3%, $p < 0,01$; рис. 3, таблица), который статистически не отличался от уровня, достигнутого в конце обучения ($p \geq \geq 0,05$). В целом за 48 предъявлений уровень правильных решений у всех трех птиц был не ниже уровня, продемонстрированного ими на стадии 10 ($p \geq 0,05$; таблица). Таким образом, можно констатировать, что у этих трех птиц на предыдущих стадиях сформировалось действительно отвлеченное правило выбора, которое они легко применили к совершенно незнакомым стимулам.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами данные показали, что серые вороны способны обучаться выбору по образцу как на основе абсолютного сходства / отличия стимулов (по цвету, форме и т.д.), так и по отвлеченному признаку числа элементов в гетерогенных множествах.

Как уже отмечалось выше, при использовании в процессе обучения небольшого числа стимулов животные могут успешно решать задачу выбора по образцу, запоминая несколько частных правил (ассоциации между парами стимулов или правила "если..., то"). Такая стратегия позволяет им вполне успешно решать задачу со знакомыми стимулами. В то же время замена стимулов на новые делает ее применение невозможным, и для формирования новых правил требуется период более или менее длительного обучения.

Используемая нами процедура обучения (чередование трех базовых наборов стимулов, относящихся к трем различным категориям) позволила проследить динамику превращения набора частных правил, применимых только к конкретным стимулам, в обобщенную стратегию выбора на основе сходства / отличия или соответствия / несоответствия, которую можно использовать с любыми новыми стимулами.

По крайней мере в первых одном-двух циклах вороны для каждого из трех наборов стимулов, по-видимому, заучивали свои частные правила. Об этом свидетельствует их неспособность применить усвоенное правило к новым стимулам. В то же время отдельные случаи достоверного переноса правила выбора на начальных стадиях обучения (рис. 3) показывают, что у некоторых птиц представление об общем принципе решения данных задач начало формироваться довольно рано. Число предъявлений, необходимых для достижения критерия после смены набора стимулов, постепенно уменьшалось. Наконец, птицы начали достигать критерия с каждым набором за минимальное число предъявлений (30–50). Четырём воронам потребовалось для этого от 1780 до 5260 предъявлений, а две вороны с задачей так и не справились. Столь значительные индивидуальные различия между животными очень характерны и проявляются при любых сложных формах обучения и решении элементарных логических задач [1]. Возможно, именно из-за них мы не обнаружили разницы в скорости формирования обобщенного правила у птиц, обучавшихся выбору по соответствию и по несоответствию с образцом ($F_{1,8} = 0,07$; $p \geq 0,05$), тогда как, по данным литературы, у галок и голубей наблюдалось более быстрое обучение выбору по отличию, связанное с тем, что они исходно предпочитали выбирать стимул, отличающийся от образца [19].

Показателем формирования обобщенного правила выбора служит способность животных решать задачу при первых же предъявлениях новых стимулов на уровне, не

отличающемся от достигнутого в конце обучения. В использованной нами экспериментальной процедуре было применено два типа тестирования способности к переносу правила выбора. На тестовых стадиях 5, 6, 7, 8 и 10 предъявляли новые стимулы вместе с использованными ранее и их новые комбинации. В ряде работ было показано, что при такой организации теста животные легче справляются с ним [15]. Способность птиц к переносу правила выбора на абсолютно незнакомые стимулы мы оценивали на заключительной стадии 11, когда предъявляли комбинации цифр и комбинации множеств мощностью от 5 до 8. Птицы в целом успешно справились с обоими типами тестов, причем уровень переноса статистически не отличался от уровня, достигнутого в конце обучения. Ворона № 208, у которой в первых 30 предъявлениях множеств мощностью 3 и 4 (стадия 8) уровень правильных решений не отличался от случайного, тем не менее, продемонстрировала вполне успешный перенос как на стадии 10, так и при предъявлении абсолютно незнакомых стимулов на стадии 11. Таким образом, после обучения с тремя наборами стимулов, относящихся к трем разным категориям, вороны действительно усвоили отвлеченное правило выбора, которое они смогли успешно применить к новым наборам стимулов, что позволяет говорить о формировании у них довербального понятия ("обобщения обобщений" [7]).

Отдельного внимания заслуживают эксперименты, в которых использовали карточки-стимулы с множествами, состоящими из гетерогенных элементов. В них птицы должны были осуществлять выбор по отвлеченному признаку числа элементов вне зависимости от их расположения, цвета или формы (например, выбирать один зеленый треугольник, если образцом был один черный кружок, и наоборот, выбирать один кружок, если образцом был один зеленый треугольник). Необходимо еще раз подчеркнуть тот факт, что при первом предъявлении этой задачи одна из ворон достигла критерия всего лишь за 40 предъявлений, а другая – уже в первых 30 предъявлениях показала достоверно отличный от случайного уровень правильных решений. Эти птицы легко выделили и использовали отвлеченный признак числа элементов. Высокий уровень правильных решений, продемонстрированный воронами в тестовых сериях, и особенно на заключительной стадии 11, когда предъявлялись совершенно новые гетерогенные множества мощностью от 5 до 8, свидетельствует о том, что они способны к инвариантной оценке множеств. Характерно также, что при анализе динамики обучения всех шести ворон с тремя базовыми наборами стимулов различий между обучением выбору по абсолютным признакам (цвет и конфигурация) и по отвлеченному признаку числа элементов ($F_{1,8} = 0,13; p \geq 0,05$) не выявили.

Эти результаты согласуются с ранее имевшимися данными о том, что врановые и попугаи способны узнавать множества именно по числу элементов в них, абстрагируясь при этом от второстепенных признаков, таких как цвет, форма или размер элементов [2, 3, 12, 16]. Таким образом, данная процедура может быть использована для дальнейшего изучения способности серых ворон оперировать представлениями о "числе".

ВЫВОДЫ

1. Серые вороны способны обучиться выбору по образцу не только на основе абсолютного сходства / отличия стимулов по цвету или конфигурации, но и на основе их соответствия / несоответствия по отвлеченному признаку числа элементов в гетерогенных множествах.
2. Процедура чередования трех наборов стимулов, относящихся к разным категориям, формирует у серых ворон отвлеченное правило выбора, которое они успешно переносят на новые стимулы.
3. Продемонстрированная воронами высокая степень обобщения и абстрагирования позволяет говорить о том, что они способны к формированию довербального понятия о соответствии / несоответствии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследова-

ний (проект № 95-04-11099), а также благотворительной помощи аптечного склада № 1, аптеки № 240 и АООТ "Московская фармацевтическая фабрика".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина З.А. Рассудочная деятельность птиц: Автореф. дис. ...докт. биол. наук. М.: МГУ, 1993. 48 с.
2. Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественные оценки у серых ворон: обобщение по относительному признаку "большое множество" // Журн. высш. нерв. деят. 1995. Т. 45. № 3. С. 490.
3. Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественная оценка серой вороной множеств, состоящих из 15–25 элементов // Журн. высш. нерв. деят. 1996. Т. 46. № 2. С. 389.
4. Ладыгина-Котс Н.Н. Исследование познавательных способностей шимпанзе // М.: ПГ, 1923. 502 с.
5. Плохинский Н.А. Биометрия // Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 366 с.
6. Фирсов Л.А. Память у антропоидов. Физиологический анализ // Л.: Наука, 1972. 231 с.
7. Фирсов Л.А. По следам Маугли // Язык в океане языков. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1993. С. 44.
8. D'Amato M.R., Salmon D.P., Colombo M. Extent and limits of the matching concept in monkeys (*Cebus apella*) // J. Exptl Psychol.: Anim. Behav. Proc. 1985. V. 11. P. 35.
9. D'Amato M.R., Colombo M. On the limits of the matching concept in monkeys (*Cebus apella*) // J. Exptl Anal. Behav. 1989. V. 52. P. 225.
10. Friede A. Abstractionversuche auf "Gleich" gegen "Ungleich" mit Dohlen // Z. Tierpsychol. 1972. V. 30. S. 383.
11. Herman L.M., Hovancik J.R., Gory J.D., Bradshaw G.L. Generalization of visual matching by a bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*): Evidence for invariance of cognitive performance with visual and auditory materials // J. Exptl Psychol.: Anim. Behav. Proc. 1989. V. 15. P. 124.
12. Koehler O. Thinking without words // Proceedings of the 14th Intern Congr. of Zoology. 1956. P. 79.
13. Oden D.L., Thompson R.K.R., Premack D. Spontaneous transfer of matching by infant chimpanzees (*Pan troglodytes*) // J. Exptl Psychol.: Anim. Behav. Proc. 1988. V. 14. № 2. P. 140.
14. Overman W.H., Doty R.W. Prolonged visual memory in macaques and man // J. Neurosci. 1980. V. 5. P. 1825.
15. Pack A.A., Herman L.M., Roitblat H.L. Generalization of visual matching and delayed matching by a California sea lion (*Zalophus californianus*) // Anim. Learn. and Behav. 1991. V. 19. № 1. P. 37.
16. Pepperberg I.M. Acquisition of the same / different concept by an african grey parrot (*Psittacus erithacus*): learning with respect to categories of color, shape, and material // Anim. Learn. and Behav. 1987. V. 15. № 4. P. 423.
17. Premack D. Animal cognition // Ann. Rev. Psychol. 1983. V. 34. P. 351.
18. Santiago H.S., Wright A.A. Pigeon memory: same / different concept learning, serial probe recognition acquisition, and probe delay effects on the serial position function // J. Exptl Psychol.: Anim. Behav. Proc. 1984. V. 10. № 4. P. 498.
19. Wilson B., Mackintosh N.J., Boakes R.A. Matching and oddity learning in the pigeon: transfer effects and absence of relational learning // Quart. J. Exptl Psychol. 1985a. V. 37B. P. 295.
20. Wilson B., Mackintosh N.J., Boakes R.A. Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids // Quart. J. Exptl Psychol. 1985b. V. 37B. P. 313.
21. Wright A.A., Cook R.G., Rivera J.U. et al. Concept learning by pigeon: matching-to-sample with trial-unique video picture stimuli // Anim. Learn. and Behav. 1988. V. 16. № 4. P. 436.
22. Wright A.A., Shyan M.R., Jitsumori M. Auditory same / different concept learning by monkeys // Anim. Learn. and Behav. 1990. V. 18. № 3. P. 287.

Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию
14.VII.1997
Принята в печать
24.IX.1997

**MATCHING AND ODDITY LEARNING IN HOODED CROWS (*CORVUS CORNIX* L.):
SAME/ DIFFERENT CONCEPT FORMATION**

SMIRNOVA A.A., LAZAREVA O.F., ZORINA Z.A.

*Department of Higher Nervous Activity, Lomonosov State University,
Moscow*

Six hooded crows (*Corvus cornix*) were trained in alternative simultaneous matching-to-sample and oddity-from-sample tasks with visual stimuli. Bird's ability to acquire the abstract same / different concept was investigated. For this purpose three stimulus sets of the following categories were used: color (black and white cards), shape (Arabic numerals "1" and "2"), and numerosness (heterogeneous arrays of 1 or 2 elements). These three sets were used for training successively and repeatedly; each time the stimulus set was changed for the next one after the criterion (80% correct or better over 30 successive trials) was reached with the previous one. The training procedure was repeated until the criterion could be reached for each of the three stimulus sets within the initial 30–50 trials. After that, the abstractness of the rule acquired by birds was tested. First, the "partial" transfer tests were conducted, which consisted in presentation of novel stimuli with familiar ones (numerals and arrays in the range from 1 to 4). At the final stage, only sets of novel numerals and arrays in the range from 5 to 8 were presented. The crows demonstrated successful transfer in all of these tests, including the test with absolutely novel stimuli (in the first 24 presentations: min 75,0%, $p < 0,02$; max 83,3%, $p < 0,01$). The level of correct choices did not differ from the baseline ($p > 0,05$). This allows us to conclude that birds are capable for formation of the abstract same / different concept.