

ПРИРОДА

№ 2, 2001 г.

Зорина З.А., Смирнова А.А., Лазарева О.Ф.

Умеют ли вороны считать?

(с) “Природа”

*Использование или распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск
VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!

<http://vivovoco.nns.ru>

<http://vivovoco.rsl.ru>

<http://www.ibmh.msk.su/vivovoco>

Умеют ли вороны «считать»?



К сентябрю шумная толпа глупеньких воронят, по-видимому, уже постигает основы вороньей науки... Они узнали про ружье и западни... узнали, что зонтик — это не ружье. Они научились считать до шести, что очень хорошо для таких юных ворон, хотя сам Серебряное Пятнышко умел считать почти до тридцати.

Э.Сетон-Томпсон

З.А.Зорина, А.А.Смирнова, О.Ф.Лазарева

Вопрос о том, могут ли животные «считать» или, говоря точнее, анализировать количественные, и в особенности числовые, параметры среды, возник давно и продолжает привлекать внимание специалистов и всех интересующихся поведением животных. Этот интерес питается наблюдениями, свидетельствующими, что животные постоянно сравнивают важные для них объекты и четко выбирают бо-льшие — по площади, весу или плотности распределения. Существует также масса историй о птицах, обнаруживающих пропажу яиц из гнезда или птенца из выводка; о воронах, которые не подлетают к приманке до тех пор, пока не убедятся, что все охотники, пробравшиеся в укрытие на глазах у стаи, покинули его. Такие истории кочуют из работы в работу уже более 100 лет, однако так и остаются охотничьими рассказами, потому что никто еще точно не знает, что же происходит на самом деле, могут ли животные в природе «считать» и как они это делают. Даже строчки эпиграфа, принадлежащие известному канадскому зоологу, получили некоторое подтверждение лишь много десятилетий спустя после их на-

© З.А.Зорина, А.А.Смирнова,

О.Ф.Лазарева



Зоя Александровна Зорина (в центре), доктор биологических наук, заведующая лабораторией физиологии и генетики поведения биологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — изучение поведения и рассудочной деятельности животных, главным образом птиц.

Анна Анатольевна Смирнова (слева), кандидат биологических наук, научный сотрудник той же лаборатории. Занимается сходными проблемами.

Ольга Федоровна Лазарева, аспирантка Института высшей нервной деятельности. Научные интересы связаны с изучением довербального мышления птиц, в частности способности к обобщению, построению аналогий.

писания.

Многочисленные попытки исследовать способность животных к «счету» в эксперименте показали, что оценка количественных параметров связана с целым комплексом перцептивных и когнитивных процессов. В англоязычной литературе они обозначаются емким термином «numerical competence», который не имеет точного русского аналога. Из этого комплекса вопросов мы исследовали два: какой диапазон оценки множеств доступен животным? В какой степени у них развита такая форма рассудочной деятельности (или довербального мышления), как способность к обобщению признака числа?

* * *

К настоящему времени общепризнано, что изучение у животных рассудочной деятельности как предшественника мышления человека необходимо для понимания закономерностей эволюции поведения. Известно, что животные обладают различными формами довербального мышления [1] и даже способны использовать символы для обозначения объектов, явлений или понятий [2]. В то же время вопрос о том, в какой степени у животных, не относящихся к приматам, развиты высшие формы довербального мышления (способность к обобщению и формированию довербальных понятий), еще недостаточно исследован. А ведь ответ на него необходим для понимания развития довербального мышления в процессе эволюции.

Способность к обобщению составляет основу для возникновения абстрактных представлений и использования символов. Мерой абстрагирования или, как говорил И.М.Сеченов, «удаления от чувственных корней» служит умение оперировать символами в полном отрыве от обозначаемого ими физи-

ческого объекта или явления. Подобные способности — одна из характерных черт мышления человека, и поэтому их изучение столь важно для выяснения грани между возможностями психики человека и животных.

Исследуя эту проблему, мы обратились к задачам, связанным с обработкой информации о признаке числа, который условно называют счетом. К настоящему времени предложено несколько классификаций процессов, обеспечивающих распознавание этого признака. Большинство из них выделяет истинный счет — формальную нумерацию объектов для определения их абсолютного числа, которую используют люди. В последнее десятилетие элементы такого счета обнаружены у шимпанзе и серого жако. Истинный счет подразумевает обязательное применение упорядоченной последовательности индивидуально различающихся маркеров-числительных (например, арабских цифр), причем последний из них должен обозначать общее число пересчитанных объектов. Все остальные процессы можно подразделить на две основные группы: распознавание множеств по всей совокупности количественных параметров (по числу и по сопряженным с ним признакам — площади, весе); распознавание множеств собственно по признаку числа. Эти формы счета в той или иной степени обнаружены у разных животных, причем и в природе, и в эксперименте в двух ситуациях: узнавание определенного множества и выбор большего при сопоставлении двух или более множеств.

К настоящему времени бесспорно доказано, что животные умеют распознавать и использовать не только количественные параметры среды, но и признак числа. Показано, что приматы могут использовать символы для маркировки небольших множеств и производить с ними операции, ана-

логичные арифметическим [3]. Так, И.Пепперберг выявила сходные способности у серого жако, который сообщал, сколько элементов содержится в множестве, произнося английские названия числительных [4]. Однако в целом сведения о не относящихся к приматам животных, умеющих обобщить информацию о числе, остаются весьма фрагментарными.

Мы исследовали такую форму когнитивной деятельности у высокоорганизованных представителей класса птиц — врановых (серых ворон). Известно, что эти птицы, с их крупным и тонко дифференцированным мозгом могут решать многие элементарные логические задачи во многом так же, как мартышковые обезьяны [5]. При изучении способности ворон к обобщению мы использовали несколько методик, направленных не на выработку определенной реакции на конкретный стимул, а на выделение общего для разных стимулов признака и формирование отвлеченного правила выбора. Если при первых же предъявлениях новых стимулов животное легко решает задачу, значит, оно усвоило такое правило и способно к обобщению.

В экспериментах нам предстояло: исследовать способность ворон к относительным количественным оценкам и определить диапазон, в котором они могут сравнивать множества по числу элементов в них; оценить умение птиц обобщать по признакам «большее множество» и «соответствие (или несоответствие) числа»; выяснить, способны ли они к элементам символизации.

Работу проводили на 13 серых воронах разного возраста (не моложе двух лет), а также 11 сизых голубях. На каждой стадии экспериментов стимулы предъявляли в специально подобранных последовательностях, никогда не повторяя одну и ту же комбинацию несколько

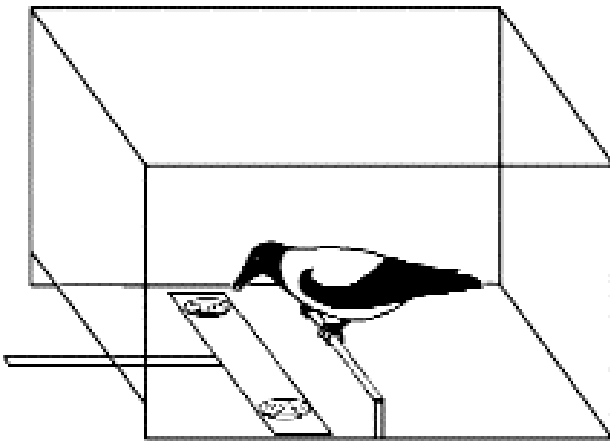
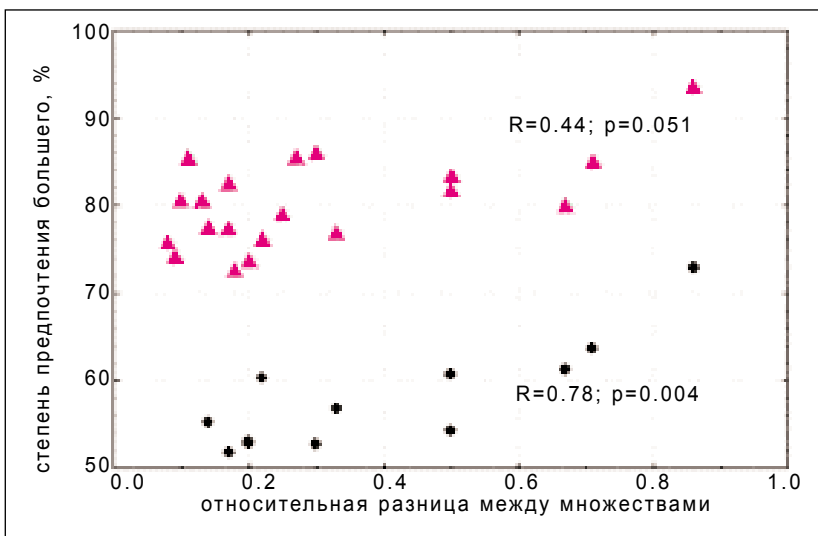


Схема эксперимента «свободный выбор». Ворона почти всегда выбирает кормушку с большим числом червяков. Внизу — зависимость степени предпочтения большего от разницы между сравниваемыми множествами у ворон (показано цветом) и голубей.



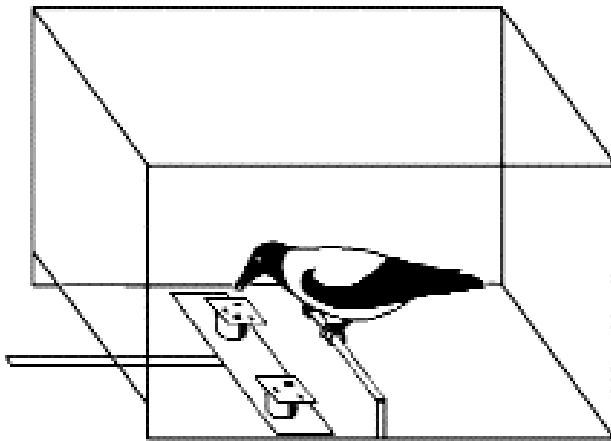
раз подряд, а распределяя их случайно (как и положение подкрепляемого и неподкрепляемого стимулов). В большинстве случаев использовали неповторяющиеся последовательности комбинаций. В качестве показателя успешного переноса правила выбора на новые стимулы (т.е. отвлеченности сформированного правила) служили результаты первых 30 тестовых предъявлений. При обработке результатов мы пользовались общепринятыми статистическими методами.

Один из первых вопросов, возникающих при изучении счета — это диапазон множеств, которые животные могут воспринять и точно оценить. Согласно общепринятой точке зрения его верхняя граница не превышает 7 ± 2 . Однако мы

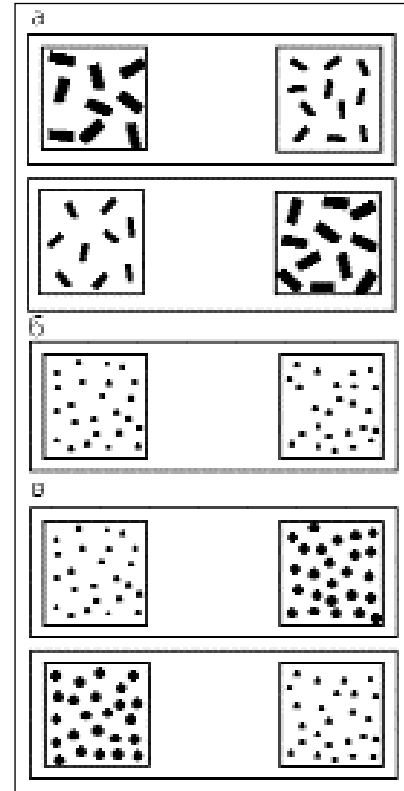
предположили, что доступный воронам диапазон значительно шире. Для ответа на этот вопрос мы использовали в эксперименте два подхода: вначале изучали, как голуби и вороны сравнивают множества пищевых единиц в ситуации свободного выбора, а затем обучали их дифференцировке стимульных карточек с разным числом геометрических элементов.

В первом случае птице предлагали выбрать любую из двух открытых кормушек, и она могла съесть ее содержимое независимо от того, предпочла ли кормушку с меньшим или большим числом пищевых объектов. Для ворон это были личинки мучного хрущака (до 12 шт.), а для голубей — зерна пшеницы (до 10 шт.). И те и другие птицы в основном вы-

бирали кормушку с большим числом приманок, однако у голубей такой выбор не превышал 63%, а у ворон составлял от 77% до 84%. В поисках причин столь существенных различий мы проанализировали зависимость степени предпочтения большего от разницы между сравниваемыми множествами. Оказалось, что голуби тем надежнее выбирают большую приманку, чем сильнее это множество отличается от меньшего. У голубей четко выражена корреляция между относительной разницей и долей выборов большего множества. У ворон уровень предпочтения большего превышает 70% даже при различиях всего на одну единицу, а корреляция между относительной разницей и долей выбора большего выражена сла-



Обучение дифференцировке стимулов по признаку «большее множество». Приманка находится под карточкой с большим множеством. Справа — стимульные карточки с различным соотношением числа графических элементов и их суммарной площади: а — пара 9/11, б и в — 24/25.



бо. Вероятно, в основе этого выбора у голубей и ворон лежат разные механизмы. Голуби, видимо, оценивают и сравнивают всю совокупность количественных характеристик множества, в том числе общую площадь или плотность расположения пищевых объектов. Для ворон же скорее всего важно именно число объектов в кормушках [6].

При такой постановке задачи нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть подобное предположение, поскольку методика не позволяла отделить число от других количественных признаков. Поэтому на следующем этапе мы применили иной методический прием — обучали четырех ворон дифференцировке стимулов по признаку «большее множество». Птице предлагали две кормушки, накрытые карточками. Если она сбрасывала карточку с большим числом элементов, то находила личинки мучного хрущака. В ходе обучения случайно чередовали 40 неповто-

ряющихся пар множеств (от 1 до 12), варьировали различные второстепенные признаки. Когда количество правильных решений достигало 80%, меняли соотношения числа элементов и их суммарной площади. В таких сериях в половине случаев большее множество состояло из мелких элементов и соответственно имело меньшую суммарную площадь; в другой половине, наоборот, большее множество состояло из более крупных элементов. Даже в парах с обратным соотношением числа элементов и их суммарной площади количество правильных решений составило в среднем 75%. Таким образом, мы доказали, что в диапазоне от 1 до 12, вороны сравнивают множества именно по числу элементов. В тестах на перенос птицам предъявляли новые множества, включавшие до 25 элементов. При естественном соотношении числа элементов и их суммарной площади вороны всегда выбирали большее множество. Однако, когда это

соотношение варьировали, птицы правильно оценивали множества, содержащие не больше 20 элементов [6].

До сих пор способность воспринимать и точно оценивать такие большие множества у животных не наблюдали. Наши опыты показали, что верхняя граница диапазона, в котором вороны успешно сравнивают множества по числу элементов, близка к 20. Кроме того, серые вороны могут обобщать по признаку «большее множество». Сформированное у них правило выбора оказалось инвариантным как к изменению второстепенных параметров стимульных карточек (цвет, форма и размер изображенных элементов), так и к изменению диапазона предъявляемых множеств.

Для изучения способностей животных к обобщению наряду с дифференцированным обучением широко используют задачу выбора по образцу, предложенную Н.Н.Ладыгиной-Котс еще в 1914 г. В наших опытах

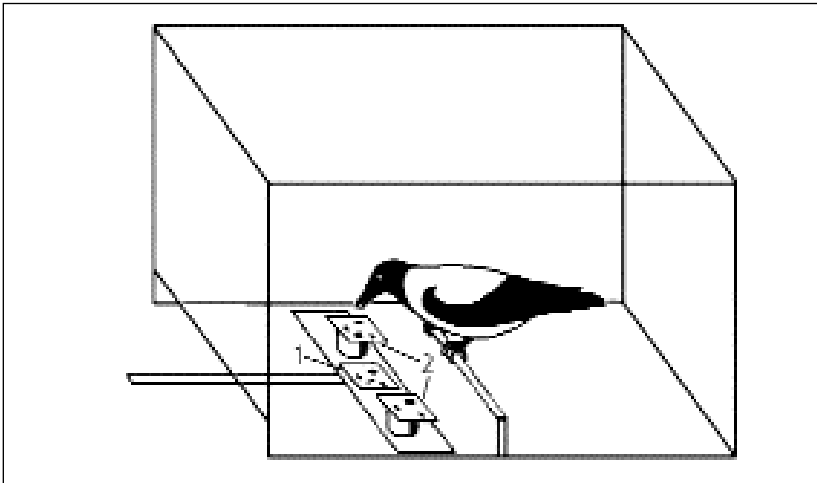
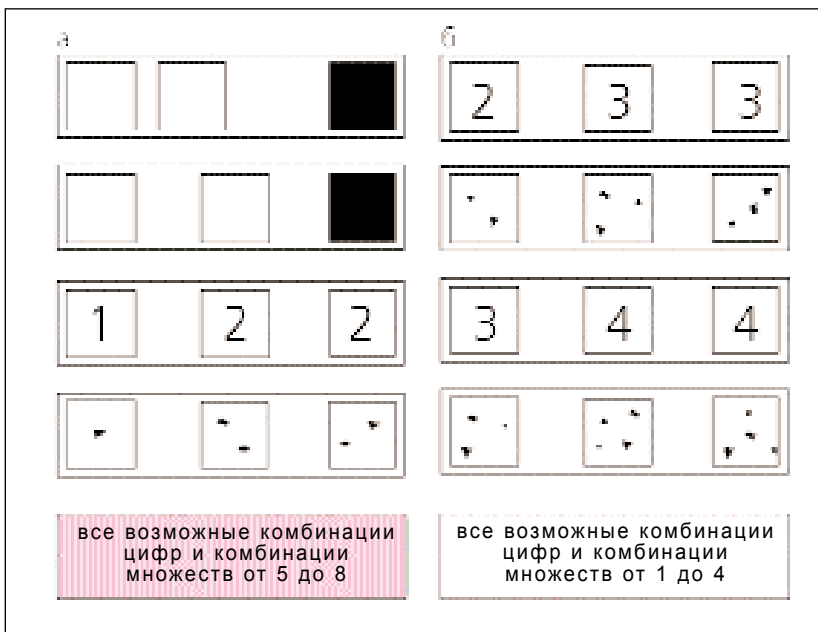


Схема опыта «выбор по образцу»: 1 — образец, 2 — карточки для выбора. Приманка находится под карточкой, соответствующей образцу. Внизу — карточки, предъявляемые последовательно в ходе обучения (а), тестирования с частично обновленными наборами стимулов (б) и совершенно новыми (выделено цветом). На первой стадии обучения образец располагали рядом с подкрепляемой карточкой, затем всегда строго посередине.



вороне предлагали две накрытые карточками кормушки. Между ними помещали карточку-образец, а приманка находилась под карточкой, соответствующей образцу. Чтобы увеличить вероятность выработки именно отвлеченного правила выбора по признаку сходства, применяли стимулы разных категорий: черные и белые карточки, графические множества из одного и двух элементов, а также арабские цифры 1 и 2. В ходе обучения эти наборы чередовали: после того, как птица осваивала один набор, ей предъявляли следующий и т.д.

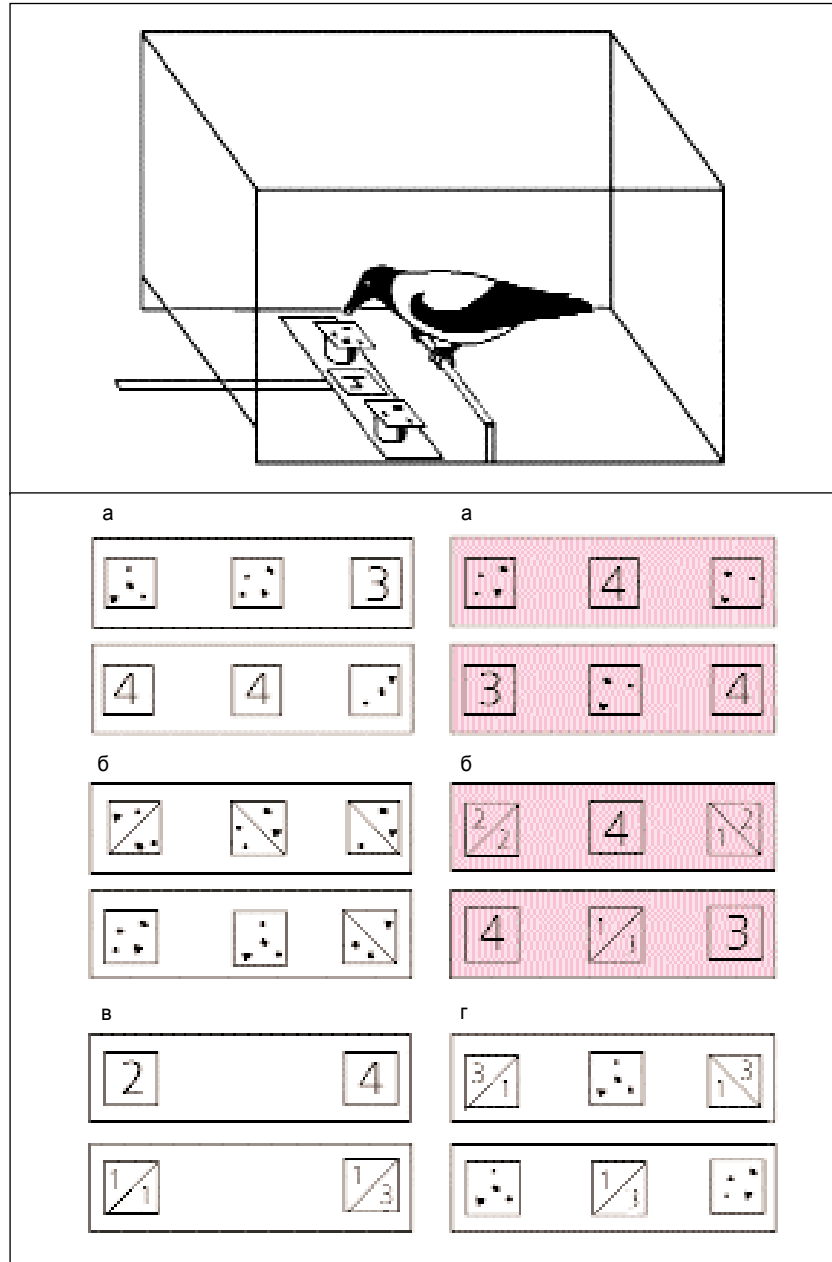
После нескольких циклов

чередования трех базовых наборов стимулов четыре из шести ворон без дополнительного обучения решали задачу как при предъявлении частично обновленных наборов стимулов, так и совершенно новых — цифр и множеств от пяти до восьми. Значит, у них сформировалось отвлеченное правило выбора, которое птицы успешно применяли не только при абсолютном сходстве стимулов, но и при соответствии такой характеристики, как число элементов разной формы, цвета и размера. Следовательно, можно говорить, что вороны умеют обобщать по признаку

«соответствие числа элементов» [7].

Доказанная нами способность ворон к обобщению по признаку числа дала основания исследовать их возможности к символизации. Под этим термином мы понимаем умение устанавливать эквивалентность между исходно индифферентными для птиц знаками (арабскими цифрами) и обобщенной информацией о числе элементов в множествах разной природы, а также оперировать ими. В основе нашего подхода лежали три экспериментальных факта: способность ворон обобщать по признаку числа; оперировать по-

Схема экспериментов по изучению символизации. Приманка находится под карточкой, по значению соответствующей образцу. Внизу — карточки, использованные в опытах: а — при установлении соответствия, б — при «сложении» (тестовая серия выделена цветом), в — в условиях «свободного выбора», г — в контрольной серии.



нятием «соответствие»; легко запоминать связанное с каждым конкретным стимулом число приманок и применять эту информацию в новой ситуации. Главная особенность такого подхода — отсутствие прямого обучения. Опыты включали демонстрационные и тестовые серии. В первых вороны получали информацию о «цене» каждого стимула. При правильном выборе они находили количество личинок, соответствующее изображенному на сброшенной карточ-

ке множеству: например, под карточкой с четырьмя элементами или с цифрой 4 — четыре личинки. При этом образец и «правильная» карточка принадлежали к одной категории: если образцом была цифра, то и соответствующая карточка для выбора также была цифрой. Для успешного решения задачи воронам достаточно было использовать ранее усвоенное правило выбора по соответствию с образцом.

В тестовых сериях образец

принадлежал к одной категории, а обе карточки для выбора — к другой: так, если образцом была цифра, то для выбора предъявляли два множества, и наоборот. Соответствие образца и одной из карточек для выбора не было очевидным. Для правильного решения этой задачи вороны должны были не только воспользоваться правилом выбора по образцу, но и мысленно сопоставить ранее полученную информацию (число единиц подкрепления,

связанное с каждым из стимулов) и установить, какое из двух множеств соответствует цифре-образцу и, наоборот, какая из двух цифр соответствует множеству. В отличие от других аналогичных экспериментов, такой подход отличался отсутствием прямого обучения соответствию между цифрами и графическими множествами.

В тестовых сериях птицы с самого начала решали задачу правильно: в большинстве случаев выбирали цифру, соответствующую изображенному на образце множеству, и наоборот. Таким образом, они сумели быстро, за счет мысленного сопоставления ранее полученной информации, установить эквивалентность множеств и исходно индифферентных для них знаков (арабских цифр от 1 до 4).

Мы полагаем, что в основе принятия решения лежит операция логического вывода, которую называют транзитивным заключением. Если графическому множеству и цифре соответствует одинаковое число личинок, значит, множество соответствует цифре. На основе двух посылок, полученных ассоциативным или условнорефлекторным путем, животное делает вывод о наличии третьей связи. Известно, что голуби, в отличие от шимпанзе, с такой задачей не справляются [8], а вороны, согласно нашим результатам, способны к такому логическому выводу.

В следующих опытах мы выясняли, могут ли птицы оперировать усвоенными символами, т.е. выполнять с цифрами операцию, аналогичную арифметическому сложению. В демонстрационной серии использовали только графические множества: либо обычные, либо разделенные карточки. Птицам демонстрировали соответствие количества элементов в обычных и в разделенных графических множествах числу в обычных или в разделенных кормушках. Под карточкой с «разделен-

ным» множеством ворона находила кормушку, также разделенную вертикальной перегородкой на две равные части. Количество личинок в ее двух отделах соответствовало числу элементов на двух половинках карточки. В отличие от демонстрационной серии, в тесте присутствовали только цифры. Если в качестве образца предъявляли отдельную цифру, то для выбора — разделенные карточки с парой цифр, сумма которых на одной из них соответствовала цифре на образце. И наоборот — если в качестве образца использовали разделенную карточку с парой цифр, то для выбора предлагали отдельные цифры.

Вороны успешно справились и с этой задачей. К началу опыта они уже знали, что каждому графическому множеству и каждой цифре соответствует определенное количество личинок, и на этом основании находили соответствие определенных цифр и графических множеств. Затем птицы получали дополнительную информацию о том, что разделенному графическому множеству соответствует количество личинок в разделенной кормушке. Следовательно, для правильного решения они должны были сделать вывод об эквивалентности отдельных цифр и их соответствующих комбинаций.

Еще одним подтверждением способности ворон оперировать усвоенными символами стали результаты задачи на свободный выбор. Здесь птицы сравнивали не открытые множества приманок, а цифры или пары цифр. Вороны уверенно скидывали карточку с большей цифрой или с их большей суммой.

Проверить влияние на выбор каких-либо посторонних признаков (например, обонятельных, акустических или же неосознанных подсказок экспериментатора) помогла контрольная серия, в которой воронам предлагали задачу, не имевшую

логического решения: обе карточки для выбора соответствовали образцу. Подкрепление помещали в одну из кормушек в случайном порядке. Таким образом, если бы вороны могли находить кормушку с личинками по каким-либо признакам, не имевшим отношения к логической структуре задачи, то они и в такой ситуации успешно находили бы ее. Однако реально количество правильных решений у всех подопытных ворон резко понизилось до случайного уровня. При этом птицы были явно недовольны и не желали работать в такой ситуации.

* * *

При обсуждении наших данных возникают вопросы: как оценить степень доступного птицам обобщения и можно ли считать, что у них формируется понятие о числе? На этот счет нет единого мнения. Общепринято, что понятие числа у животных подразумевает абстрагирование числа как признака всего множества, не связанного со свойствами его элементов. О наличии такого абстрагирования свидетельствует возможность переноса, т.е. способность распознавать новые стимулы. Ряд авторов необходимым критерием считают умение выполнять арифметические операции. По мнению других, это требование неоправданно строгое и чисто формальное. Кроме возможности переносов они полагают обязательным понимание свойств равенства (транзитивности, рефлексивности и симметрии). Согласно нашим экспериментам, серые вороны удовлетворяют большинству из этих критериев, а значит, они владеют понятием числа. Они могут запоминать числовые значения стимулов не только в виде образных представлений, но и в некоей отвлеченной и обобщенной форме.

Разумеется, вопрос о способности птиц пользоваться символами нуждается в даль-

нейшем исследовании. В частности, необходимо выяснить, могут ли вороны, усвоившие соответствие цифр и графических множеств, применить свое знание к новым для них графическим изображениям. Тем не менее полученные данные позволяют предположить, что не только у высших приматов, но и у некоторых птиц довербальное мышление достигло в своем развитии того промежуточного этапа, который, по мнению Л.А.Орбели, позволяет использовать символы вместо реальных объектов и явлений и который в эволюции предшествовал формированию второй сигнальной системы. Таким образом, впервые высказанное Л.В.Крушинским представление о параллелизме в эволюции высших когнитивных функций птиц и млекопитающих — позвоночных с разными типами структурно-функциональной организации мозга — получает новое подтверждение. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 95-04-11099 и 98-04-48440.

Литература

1. Зорина З.А. Сравнительные исследования некоторых сложных форм обучения у птиц. // Сравнительная физиология ВНД человека и животных. М., 1990. С. 21—36; она же // Мир психологии. 1999. Т1. №17. С.186—197.
2. Rumbaugh D.M., Washburn D.A. // The Development of numerical competence: animal and human models / Eds S.T.Boysen, E.J.Capaldi. Hillsdale, New Jersey, 1993. P.87—106.
3. Boysen S.T., Bernston G.G., Hannan M.B., Cacioppo J.T. // J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process. 1996. V.22. №1. P.76—86.
4. Pepperberg I.M. // Behav. & Brain Sci. 1988. V.11. P.595—596.
5. Обухов Д.К. Морфогенез и реактивная перестройка нервной системы // Тр. С.-Петербур. общ-ва естествоисп. / Ред. О.С.Сотников. СПб., 1996. Т.76. Вып.5. С.113—133.
6. Зорина З.А., Смирнова А.А. // Журн. высш. нерв. деятельности. 1994. Т.44. №3. С.618—621; 1995. Т.45. №3. С.490—499; 1996. Т.46. №2. С.298—301.
7. Смирнова А.А., Зорина З.А., Лазарева О.Ф. // Журн. высш. нерв. деятельности. 1998. Т.48. №5. С.855—867.
8. Lipkens R., Kop P.F.M., Matthijs W. // J. Exp. Analysis of Behav. 1988. V.49. P.395—409; Yamamoto J., Asano T. // Psychol. Rec. 1995. V.45. P.3—21.