

**ФИЗИОЛОГИЯ ПОВЕДЕНИЯ;
ОБУЧЕНИЕ И ПАМЯТЬ**

УДК 612.821.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ СЕРЫХ ВОРОН
К ЭЛЕМЕНТАМ СИМВОЛИЗАЦИИ**

© 2002 г. А. А. Смирнова, О. Ф. Лазарева, З. А. Зорина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 19.12.2000 г.

Принята в печать 30.05.2001 г.

Выясняли, могут ли четыре вороны, ранее обученные отвлеченному правилу выбора по образцу, установить соответствие между числом элементов в множествах и исходно индифферентными для них знаками (арабскими цифрами) и оперировать ими, т.е. исследовали способность этих птиц к символизации. В отличие от других аналогичных исследований не прибегали к специальной выработке ассоциативной связи между символами и соответствующими множествами, а создавали условия, в которых птицы могли бы сами обнаружить это соответствие на основе сопоставления ранее полученной информации. С этой целью проводили демонстрационные серии, в которых при правильном решении ворона получала число личинок, соответствующее числу элементов в графическом множестве или цифре, изображенным на выбранном ею стимуле. При этом образец принадлежал к той же категории, что и соответствующий стимул для выбора (второй стимул был другой категории): если образцом было множество, то на соответствующей карточке для выбора также было множество, и наоборот. Для успешного решения этой задачи воронам достаточно было использовать правило выбора по образцу. В тестовых сериях образец и оба стимула для выбора впервые принадлежали к разным категориям: если образцом была цифра, то оба стимула для выбора были множествами, и наоборот. Все четыре вороны успешно справились с этой задачей. Несмотря на отсутствие сходства между образцом и “правильным” стимулом, они выбрали множество, соответствующее цифре, и наоборот. Предполагается, что птицы могли достичь такого результата за счет сопоставления полученной в демонстрационных сериях информации о числе единиц подкрепления, соответствующем каждому стимулу. С помощью аналогичных экспериментов удалось показать, что вороны способны выполнять с цифрами операцию, аналогичную арифметическому сложению.

В последние десятилетия убедительно продемонстрировано, что грань между возможностями психики человека и животных скорее количественная, чем качественная. Это утверждение касается и способности к усвоению и использованию знаков или символов, которую ранее считали присущей только человеку.

В соответствии с формальным определением, знак – это материальный предмет, явление или событие, выступающий в качестве представителя некоторого другого предмета, свойства или отношения и используемый для приобретения, хранения, переработки и передачи сообщений (информации, значений). Один из типов знаков – это знаки-символы, которые заключают в себе некий наглядный образ и в силу этого могут быть использованы для выражения некоего, часто отвлеченного содержания. Процесс установления тождества между предметами, действиями, явлениями или понятиями и исходно индифферентными для субъекта знаками, в результате которого появляется возможность оперирования усвоенными знаками, мы будем называть термином “символизация”.

Многочисленные исследования показали, что высшие приматы (*Pongidae*), будучи ближайшими

родственниками человека, обладают в значительной степени сходными когнитивными способностями и даже могут усваивать и использовать так называемые языки-посредники [17, 27, 33, 34]. В нашей работе мы коснемся лишь одного аспекта проблемы символизации, а именно способности животных связывать представление о числе с символами-цифрами.

Можно ли обучить животных использованию цифр и несколько операций, которые они могут выполнять с цифрами, соответствуют критериям истинного счета? Поскольку в качестве универсального стандарта используется “человеческий счет”, прежде всего необходимо отметить, что этот термин подразумевает процесс формальной нумерации, используемый людьми для определения абсолютного числа элементов в множествах. Пять критериев, описывающих процесс формального счета, первыми четко сформулировали Р. Гельман и Ч. Галлистель [18]: 1) каждому пересчитываемому элементу должен соответствовать индивидуальный маркер (“соответствие один к одному”); 2) маркеры должны в стабильном порядке соответствовать пересчитываемым элементам (“ординальность”); 3) маркер, соответствующий последнему элементу, должен описывать

общее число элементов в множестве (“кардинальность”); 4) возможность пересчета любых множеств (“абстрактность”); 5) возможность пересчета элементов в любом порядке (“произвольность”). Первые три критерия стали общепризнанными, тогда как в необходимости последних двух некоторые авторы высказывают определенные сомнения [14].

При исследовании способности животных к символизации на примере счета возникают три основных вопроса: 1) способны ли животные устанавливать тождество между исходно индифферентными для них знаками (например, арабскими цифрами) и обобщенной информацией о числе элементов в множествах разной природы? 2) способны ли они оперировать усвоенными цифрами (например, выполнять операции, аналогичные арифметическим)? 3) способны ли они использовать усвоенные символы для нумерации (пересчета) элементов множеств или выполнять определенное число действий в соответствии с предъявленной цифрой? Последний вопрос подразумевает соответствие основным критериям истинного счета (по крайней мере, критериям ordinalности и cardinalности).

Одна из первых попыток исследования символизации на примере счета была сделана Ч. Ферстером в 60-х гг. [16]. Двух шимпанзе (*Pan troglodytes*) после 500 000 предъявлений стимулов удалось обучить соответствию между различными множествами и цифрами, выраженными в двоичном коде (от 000 до 111, т.е. от 1 до 7). Животные могли располагать выученные бинарные комбинации в упорядоченной последовательности, но их так и не удалось обучить использованию цифр для нумерации конкретных объектов. В более поздних исследованиях вновь было показано, что шимпанзе [11, 23, 24] и даже макаки [30, 37] способны использовать арабские цифры для маркировки множеств независимо от цвета, размера, формы и паттернов расположения элементов, их составляющих. В частности, макаки резусы (*Macaca mulatta*) усвоили соответствие между арабскими цифрами от 0 до 9 и числом последовательно подаваемых гранул и успешно сравнивали цифры по их относительной “пищевой ценности” [30, 37]. При исследовании способности шимпанзе Шебы к символизации было показано, что она не только усвоила эквивалентность арабских цифр от 0 до 4 и числа элементов в различных гомо- и гетерогенных множествах (например, батареек, ложек, апельсинов и т.п.), но и успешно суммировала цифры в отсутствие обозначаемых ими множеств [11]. Возможность использования высшими приматами принципов ordinalности и cardinalности была продемонстрирована в исследовании Д. Рамбо и его коллег [28, 29, 33]. В их опытах шимпанзе, ранее обученные языку-посреднику, произ-

водили число действий, соответствующее арабским цифрам от 1 до 6.

Что касается других видов животных, сведения об их способности к символизации остаются весьма фрагментарными [19, 20]. Уникальный пример подобных экспериментов на птицах – работы Ирен Пепперберг [26]. В ее исследованиях серый жако Алекс (*Psittacus erithacus*) успешно маркировал множества, содержащие от 2 до 6 гетерогенных элементов, произнося английские названия соответствующих числительных. Кроме того, он мог определять число одинаковых элементов в гетерогенных множествах.

Объектом наших исследований стали серые вороны (*Corvus cornix*). Ранее было показано, что представители семейства врановых с их крупным и тонко дифференцированным мозгом [7] обладают способностью к решению многих типов элементарных логических задач на уровне по крайней мере мартышковых обезьян [1, 4, 6, 21, 38]. В наших предыдущих исследованиях было продемонстрировано, что вороны способны: 1) к обобщениям по признаку числа [5, 9]; 2) оперировать понятиями соответствия и несоответствия [9, 36]; 3) легко запоминать число дискретных пищевых объектов, связанное с каждым конкретным стимулом, и применять эту информацию в новой ситуации [2, 3].

Целью настоящей работы была отработка методики и получение данных о способности серых ворон к элементам символизации. Мы поставили задачу выяснить, могут ли вороны за счет сопоставления ранее полученной информации установить соответствие графических множеств и исходно индифферентных для них знаков (арабских цифр от 1 до 4) и отвлеченно оперировать ими. Таким образом, была предпринята попытка найти ответы на первые два вопроса, возникающие при исследовании проблемы символизации: 1) способны ли животные устанавливать тождество между исходно индифферентными для них знаками и обобщенной информацией о числе элементов в множествах разной природы? 2) способны ли они оперировать усвоенными цифрами?

МЕТОДИКА

Работу проводили с четырьмя серыми воронами (*Corvus cornix* L., не моложе 3 лет), ранее обученными отвлеченному правилу выбора по соответствию с образцом [9, 36]. Птицы содержались группой в вольерах на открытом воздухе. Постоянной пищевой депривации ворон не подвергали, так как использовавшиеся в качестве подкрепления личинки мучного хрущака привлекают их практически при любом уровне пищевой заинтересованности. В случае необходимости в ежедневном рационе уменьшали долю кормов, содер-

жащих белки животного происхождения. Ритм работы и число предъявлений в день (обычно 40 – 60 предъявлений) зависели от уровня пищевой заинтересованности птиц.

На время эксперимента каждую птицу помещали в отдельную клетку (70 × 35 × 35 см), в которой имелся свободный доступ к поилке с водой. В ходе опыта в клетку с птицей с помощью рукоятки длиной 30 см вдвигали пластину текстолита размером 20 × 30 см с двумя кормушками (5.0 × 3.7 см) по ее краям. Обе кормушки были накрыты карточками-стимулами для выбора. На всех стадиях, кроме 10-й, на середину подноса помещали карточку-образец (рис. 1). Подкрепление помещали под идентичную или соответствующую образцу карточку для выбора. На всех стадиях использовали дифференцированное количество подкрепления – число личинок мучного хрущака в кормушке (от 1 до 4) соответствовало цифре или числу элементов в графическом множестве, изображенным на карточке.

Карточки-стимулы представляли собой квадратные куски картона (70 × 70 мм), покрытые водостойкой пленкой. Использовали стимулы, принадлежащие к двум различным категориям: изображения гетерогенных множеств геометрических элементов (синих прямоугольников, красных квадратов) или зеленых треугольников, черных кружков) или черных арабских цифр от 1 до 4. Каждый стимул был представлен в двух вариантах (например, две карточки с цифрой 1, две с цифрой 2 и т.д.). Отметим, что если пары карточек с цифрами были абсолютно идентичны друг другу, то пары множеств соответствовали друг другу только по признаку числа, а форма, цвет и паттерны расположения элементов в них различались.

Для каждой стадии экспериментов составляли определенную последовательность комбинаций стимулов (блок) и повторяли его нужное число раз. При этом наряду с другими факторами (например, равновероятной встречаемостью всех использованных в данной серии стимулов) контролировали положение подкрепляемого и неподкрепляемого стимулов (или, на стадии 10, кормушек с меньшим и большим числом дискретных пищевых объектов). Его меняли квазислучайно: в 8 предъявлениях подряд подкрепляемый стимул одинаковое число раз предъявлялся слева и справа и не больше 2 раз подряд на одной стороне.

Подготовку подноса к предъявлению производили вне поля зрения вороны. Чтобы дать птице возможность рассмотреть предъявляемые ей стимулы, поднос на 3–5 с помещали так, чтобы ворона уже могла его видеть, но еще не могла дотянуться до кормушек. Сразу после того, как птица осуществляла выбор и съедала подкрепление (или убеждалась в его отсутствии), поднос быстро извлекали из клетки. Если в течение 2 мин птица

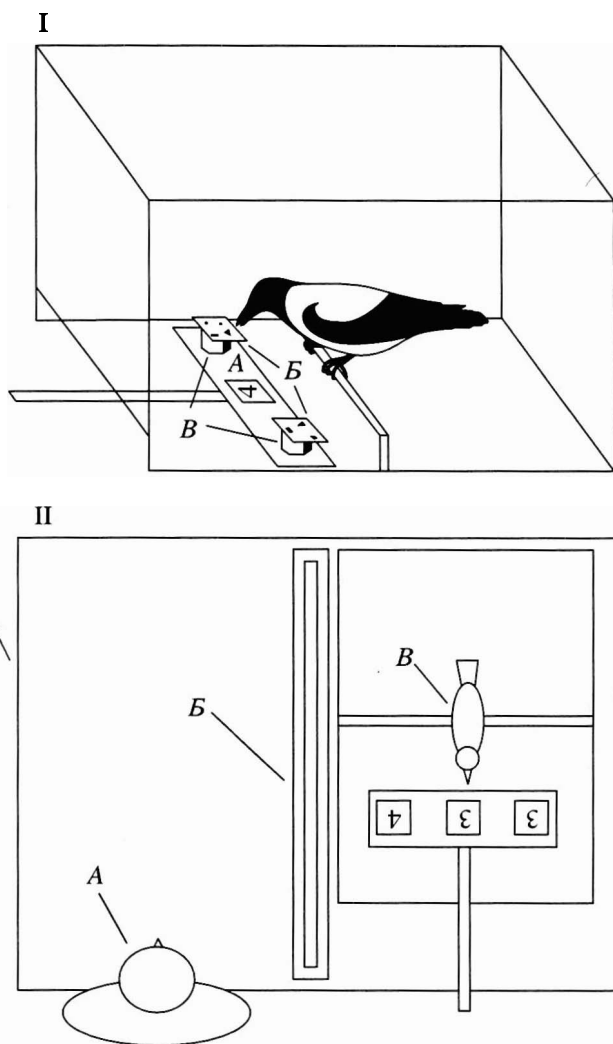


Рис. 1. Обстановка эксперимента (I) и схема взаимного расположения вороны и экспериментатора в момент выбора (II). На I: А – образец; Б – стимулы для выбора; В – кормушки; на II: А – экспериментатор; Б – непрозрачный экран; В – ворона; Г – стол, на котором стояла клетка с птицей.

не выбирала одну из кормушек, поднос также извлекали.

Во время всех опытов экспериментатор находился сбоку от клетки с птицей за непрозрачным экраном (70 × 40 см), который не позволял им видеть друг друга (рис. 1, Б). Таким образом, возможность неосознанного влияния экспериментатора на выбор была сведена до минимума.

В качестве показателя успешности переноса правила выбора на новые стимулы или в новую ситуацию обычно использовали результат первых 24 предъявлений теста. Для статистического анализа данных использовали программу "STATISTICA for Windows" (версия 5.01). Уровень достоверности правильных решений оценивали по биномиальному тесту. Достоверность различий между

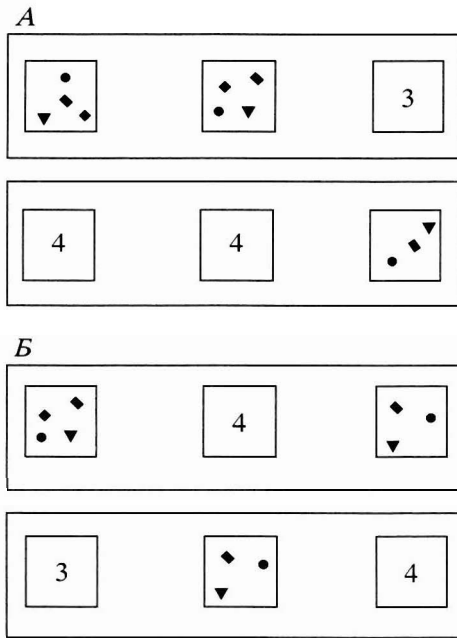


Рис. 2. Установление соответствия между цифрами и множествами. Образцы комбинаций карточек (стадия 3). *А* – демонстрационная серия; *Б* – тест.

долями правильных решений вычисляли с помощью метода определения ошибки разности между выборочными долями по критерию Стьюдента. Конкретные методические особенности каждой серии экспериментов приведены ниже.

Процедура экспериментов

Исследование способности ворон к установлению соответствия между цифрами и графическими множествами

Экспериментальные серии принадлежали к двум типам – демонстрационные и тестовые. В демонстрационных сериях (1а, 2а, 3а, 4а; табл. 1) использовали карточки и с цифрами, и с множествами. При этом образец принадлежал к той же категории, что и одна из карточек для выбора, т.е. был либо идентичен ему (цифры), либо соответствовал по числу элементов (графические множества; рис. 2, А). В тестовых сериях (1б, 2б, 3б, 4б, 5, 6 и 7; табл. 1) стимулы для выбора принадлежали к одной категории, а образец – к другой: если образцом была цифра, то для выбора предъявляли множества, и наоборот, если образец – множество, то стимулы для выбора – цифры (рис. 2, Б).

На каждой из стадий с 1-й по 6-ю предъявляли стимулы, соответствующие отдельным комбинациям чисел, и лишь на стадии 7 – все комбинации цифр и множеств от 1 до 4 (табл. 1). С каждой из первых четырех комбинаций чисел (1 и 2; 3 и 4; 1 и 3; 2 и 4; стадии с 1-й по 4-ю соответственно) вна-

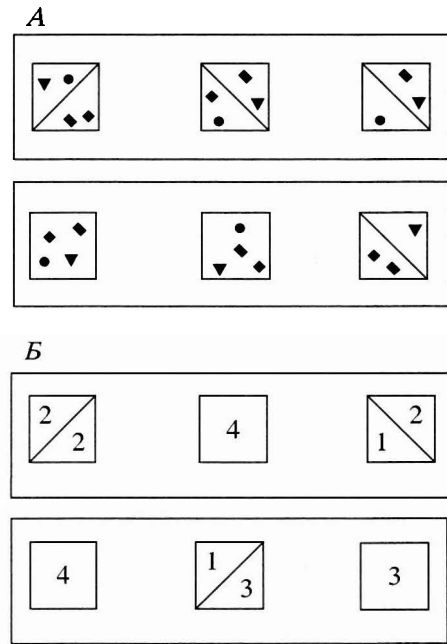


Рис. 3. Оперирование символами (“сложение” цифр). Образцы комбинаций карточек. *А* – демонстрационная серия (стадия 8); *Б* – тест (стадия 9).

чале проводили соответствующую демонстрационную серию (стадии 1–4; табл. 1). Две оставшиеся комбинации чисел (1 и 4; 2 и 3; стадии 5 и 6) предъявляли только в тесте, поскольку каждое из чисел от 1 до 4 по отдельности уже дважды встречалось в ранее использованных комбинациях.

Блоки из 8 комбинаций стимулов для демонстрационной серии 1а и тестовой серии 1б приведены в табл. 2. На стадиях со 2-й по 6-ю использовали последовательности, составленные аналогичным образом. На стадии 7 использовали блок из 48 комбинаций цифр и множеств от 1 до 4 (табл. 3). Демонстрационные серии проводили до достижения критерия: не меньше 80% правильных выборов в 24 предъявлениях подряд ($p < 0.01$). В тестовых сериях число предъявлений было фиксированным: в сериях 1б-6б – 80 предъявлений, на стадии 7 – 240 (ворона № 250 в конце стадии 7 погибла, и дальнейшие эксперименты проводили с тремя воронами).

Исследование способности ворон к оперированию символами (“сложение” цифр)

На стадиях с 8-й по 11-ю наряду с обычными использовали карточки, разделенные по диагонали черной линией на две равные части (рис. 3). На “разделенной” карточке были изображены либо две арабские цифры (1 и 1, 1 и 2, 1 и 3, 2 и 2, причем их сумма не превышала числа 4), либо геометрические элементы в тех же комбинациях (рис. 3, табл. 4 и 5). В этих экспериментах в отличие от предыдущих использовали сразу все комбинации чисел от 1 до 4 (табл. 4 и 5).

Таблица 1. Основные характеристики и результаты стадий эксперимента

№ стадии	Краткая характеристика стадий	Число предъявлений				Доля правильных решений в первых 24 предъявлениях, %				Суммарная доля правильных решений, %			
		Номер вороны											
		208	250	251	297	208	250	251	297	208	250	251	297
Установление соответствия между цифрами и графическими множествами													
1	Цифры и множества 1 и 2:												
	а) демонстрационная серия,	24	240	24	24	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) тест	80	80	80	80	91.7	75.0	95.8	75.0	85.0	78.8	87.5	80.0
2	Цифры и множества 3 и 4:												
	а) демонстрационная серия,	128	88	24	464	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) тест	80	80	80	80	75.0	79.2	87.5	75.0	87.5	80.0	81.3	76.3
3	Цифры и множества 1 и 3:												
	а) демонстрационная серия,	56	240	96	312	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) тест	80	80	80	80	79.2	83.3	91.7	87.5	78.8	87.5	90.0	77.5
4	Цифры и множества 2 и 4:												
	а) демонстрационная серия,	96	32	24	32	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) тест	80	80	80	80	70.8	91.7	79.2	83.3	77.5	80.0	86.3	81.3
5	Цифры и множества 2 и 3 (тест)	80	80	80	80	83.3	79.2	79.2	83.3	80.0	76.3	76.3	80.0
6	Цифры и множества 1 и 4 (тест)	80	80	80	80	83.3	79.2	91.7	75.0	83.8	77.5	81.3	77.5
7	Все комбинации цифр с множествами от 1 до 4 (тест)	240	144	240	240	62.5 [!]	87.5	83.3	83.3	79.6	81.3	78.8	85.8
Оперирование символами ("сложение" цифр)													
8	Демонстрационная серия: все комбинации множеств	192	-	192	192	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Тест: все комбинации цифр	56	-	56	56	91.7	-	75.0	75.0	82.1	-	80.4	76.8
10	"Свободный выбор"	72	-	72	72	79.2	-	91.7	83.3	75.0	-	86.1	83.3
11	Контроль	32	-	32	32	62.5 [!]	-	45.8 [!]	62.5 [!]	59.4 [!]	-	43.8 [!]	59.4 [!]

Примечание. ! – доля правильных решений не отличается от случайного уровня ($p \geq 0.05$).

В демонстрационной серии (стадия 8) предъявляли только графические множества (рис. 3, А): либо обычные, либо "разделенные" карточки. Под карточкой с "разделенным" множеством ворона находила кормушку, также разделенную перегородкой на две равные части. Число личинок в каждом из двух отделов кормушки соответствовало числу элементов на каждой из половинок карточки (I и IV, рис. 4). В табл. 4 приведен блок из 64 комбинаций стимулов, повторенный на данной стадии 3 раза (всего 192 предъявления).

В тесте (стадия 9) использовали только изображения цифр. 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. Если в качестве образца использовали "разделенную" карточку с парой цифр, то для выбора предлагали отдельные цифры (рис. 3, Б). В табл.

5 приведен блок из 56 комбинаций карточек, использованный на данной стадии 1 раз (всего 56 предъявлений).

Тест на относительную количественную оценку цифр в ситуации "свободного выбора" (стадия 10)

Воронам предъявляли две кормушки, накрытые карточками; образца между кормушками не было (рис. 5, А). Использовали либо пары обычных карточек с цифрами от 1 до 4, накрывавшие обычные кормушки, либо пары "разделенных" карточек с комбинациями двух цифр (сумма которых не превышала 4), накрывавшие разделенные кормушки. Личинки мучного хрущака помещали в обе кормушки, и их число соответствовало цифрам или суммам комбинаций цифр. Воронам разрешали открыть любую, но только одну кормушку. Блок из 24 комбинаций стимулов, повторен-

Таблица 2. Последовательности комбинаций стимулов, предъявлявшихся на стадиях 1а (демонстрационная серия) и 1б (тест)

№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
Демонстрационная серия (стадия 1а)			
1	2	•	•
2	••	••	1
3	1	1	••
4	1	••	••
5	2	2	•
6	••	1	1
7	•	2	2
8	•		2
Тест (стадия 1б)			
1*	••	2	•
2*	2	•	1
3	•	2	••
4	1	•	2
5*	1	••	2
6*	•	1	••
7	2	••	1
8	••	1	•

Примечание. Гетерогенные графические множества представлены соответствующим числом точек. Здесь и далее серые ячейки соответствуют стимулам, под которыми находилось подкрепление. Звездочками отмечены номера первых 4 неповторяющихся тестовых комбинаций.

ный на данной стадии 3 раза (всего 72 предъявления), приведен в табл. 6.

Контрольная серия (стадия 11)

В контрольной серии обе карточки для выбора соответствовали образцу (рис. 5, Б). Например, если образцом было графическое множество из четырех элементов, то стимулами для выбора служили две “разделенные” карточки с комбинациями цифр 1 и 3. Подкрепление помещали в одну из кормушек в квазислучайном порядке. Блок из 32 комбинаций, использованный на данной стадии, приведен в табл. 7 (всего 32 предъявления).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование способности ворон к установлению соответствия между цифрами и графическими множествами

В демонстрационных сериях 1а, 2а, 3а и 4а образец и соответствующий стимул для выбора принадлежали к одной категории, и для успешного выполнения задачи воронам было достаточно использовать ранее усвоенный навык выбора по

образцу. Для того чтобы осуществить переход к тесту на фоне стабильно высокого уровня правильных решений, демонстрационные серии проводили до достижения выбранного нами критерия – не меньше 80% правильных решений в 24 предъявлениях подряд ($p < 0.01$). Для достижения этого критерия птицам в разных сериях потребовалось от 24 до 464 предъявлений (табл. 1).

В тестовых сериях соответствие образца и одного из стимулов для выбора не было очевидным, так как они относились к разным категориям. Для успешного решения этой задачи воронам нужно было не только использовать ранее выученное правило выбора по образцу, но и, по-видимому, произвести дополнительную мысленную операцию сопоставления ранее полученной информации.

Результаты показали, что в первых же 24 предъявлениях всех тестовых серий вороны в достоверном большинстве случаев выбирали “правильный” стимул – цифру, эквивалентную множеству на образце, и наоборот (табл. 1). Исключением составляла ворона № 208, у которой на стадии 7 в первых 24 предъявлениях доля правильных решений не отличалась от случайного уровня (62.5%).

Необходимо отметить, что в тестовых сериях с отдельными комбинациями чисел (серии 1б–6б) стимулы предъявляли блоками из очень небольшого числа комбинаций (табл. 2). Поэтому существовала вероятность обучения правильному выбору в процессе самого теста. В связи с этим мы проанализировали результаты первых предъявлений данных комбинаций (по 4 из каждой тестовой серии – всего 24 предъявления). Например, из серии 1б для анализа были взяты результаты 1, 2, 5 и 6 предъявлений (см. табл. 2). Как показано в табл. 8, три из четырех ворон успешно решали задачу с самых первых предъявлений, до того как результаты подкрепления в процессе теста могли повлиять на их выбор.

В целом эти результаты позволяют предположить, что на основе информации, полученной в демонстрационных сериях, вороны сумели без дополнительного обучения установить тождество цифр и множеств.

Исследование способности ворон к оперированию символами (“сложение” цифр)

На следующих стадиях (с 8-й по 10-ю) мы выясняли, могут ли птицы оперировать усвоенными символами, т.е. выполнять с цифрами комбинаторную операцию, аналогичную арифметическому сложению.

На стадии 8 птицам демонстрировали соответствие числа элементов в обычных и в разделенных графических множествах числу личинок в обычных и в разделенных кормушках (I и IV, рис. 4).

Таблица 3. Последовательность из 48 комбинаций стимулов, предъявлявшихся на стадии 7

№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка	№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
1	••	2	••••	25	4	••••	3
2	2	•	1	26	••	3	•••
3	•	4	••••	27	••••	4	•
4	1	•	4	28	2	••••	4
5	••••	4	••	29	4	••••	1
6	4	•••	3	30	•	1	•••
7	•	1	••••	31	2	•••	3
8	3	•	1	32	••	4	••••
9	1	•	2	33	4	••••	2
10	••	2	•	34	2	••	1
11	1	•••	3	35	•••	4	••••
12	3	•••	4	36	•••	3	••••
13	••	1	•	37	1	••••	4
14	4	•	1	38	4	••	2
15	••	2	•••	39	••••	4	•••
16	••••	1	•	40	•	2	••
17	2	••	3	41	1	•	3
18	•	1	••	42	•••	3	••
19	3	••	2	43	1	••	2
20	•••	1	•	44	•••	3	•
21	2	••	4	45	••••	2	••
22	•••	2	••	46	3	••••	4
23	3	•••	1	47	3	•••	2
24	••••	3	•••	48	•	3	•••

В тесте (стадия 9) выясняли, смогут ли птицы установить соответствие отдельных цифр и пар цифр (V, рис. 4). В отличие от предшествующей демонстрационной серии, в которой использовали только множества, в тесте предъявляли только цифры. Птицы успешно справились с этой задачей – они показали высокий уровень правильных решений в первых же 24 предъявлениях (табл. 1). Дополнительно были проанализированы результаты предъявления первых 10 не повторяющихся комбинаций образца и соответствующей карточки для выбора (всего 10 предъявлений; табл. 5). Следует учитывать, что статистический анализ на столь коротком отрезке не всегда отражает то, насколько животное действительно усвоило правило выбора. Тем не менее по крайней мере у одной вороны (№ 208) число правильных решений в самых первых, не повторяющихся тестовых предъявлениях достоверно превышало случайный уровень – 8 из 10, $p < 0.05$, а у другой (№ 251) приближалось к достоверно неслучайному уровню – 7 правильных выборов из 10 ($p = 0.05$). У вороны № 297 в

этих 10 предъявлениях было только 5 правильных решений ($p > 0.05$).

В целом полученные результаты показали, что по крайней мере некоторые вороны способны оперировать усвоенными знаками, т.е. выполнять с ними комбинаторную операцию, аналогичную арифметическому сложению. Таким образом, ранее нейтральные для них знаки приобрели некоторые из функций символов.

Тест на относительную количественную оценку цифр в ситуации свободного выбора (стадия 10)

Ранее мы показали, что в ситуации свободного выбора между двумя открытыми кормушками вороны уверенно предпочитают кормушку с большим числом единиц подкрепления [4]. В данной серии мы выясняли, проявится ли предпочтение большего числа единиц подкрепления, если птицам придется сравнивать не реальные множества пищевых объектов, а символы или комбинации символов, обозначающие их число (рис. 5, Б).

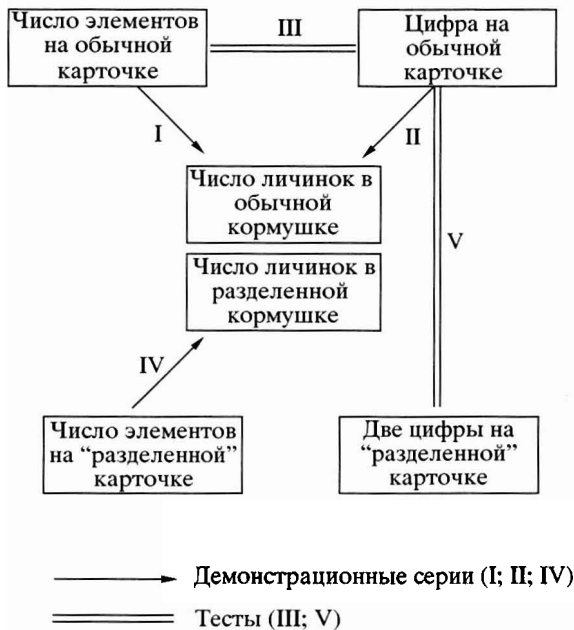


Рис. 4. Гипотетическая схема путей установления соответствия между цифрами и множествами. Объяснение в тексте.

Как в первых 24, так и в целом за все 72 предъявления все три птицы уверенно предпочитали скидывать карточку с большей цифрой или большей суммой двух цифр (табл. 1 и 9). Следует отметить, что только у одной птицы доля выборов пары цифр с большей суммой была достоверно ниже доли выборов большей отдельной цифры. При сравнении суммарных данных по всем трем воронам различий не обнаружено (табл. 9).

Контрольная серия (стадия 11)

Контрольная серия была проведена для проверки возможности влияния на выбор “посторонних признаков” (неосознанные “подсказки” экспериментатора, ольфакторные или акустические признаки и т.п.). Воронам предлагали задачу, не имевшую логического решения: обе карточки для выбора соответствовали образцу. Таким образом, если бы вороны могли находить кормушку с подкреплением по каким-либо признакам, не имевшим отношения к логической структуре задачи, то они успешно использовали бы этот признак и в такой ситуации.

Оказалось, что доля выборов кормушки с кормом в контрольной серии у всех ворон резко понизилась до случайного уровня (табл. 1). Таким образом, полученные в предыдущих сериях результаты не связаны с распознаванием признаков, не имеющих отношения к логической структуре используемых задач.

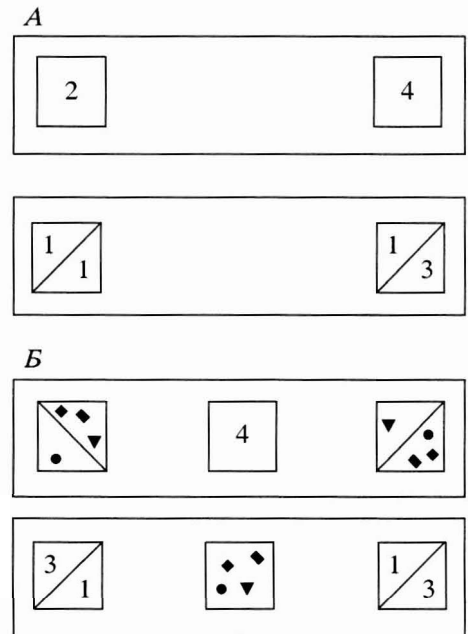


Рис. 5. Образцы комбинаций карточек. А — “свободный выбор” (стадия 10); Б — контроль (стадия 11).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для исследования способности ворон к символизации мы разработали и применили особый методический подход, отличающийся от аналогичных исследований [23, 24, 39] тем, что мы не прибегали к специальной выработке ассоциативных связей “цифра – множество”, но создавали условия для того, чтобы птицы сами могли выявить эту связь на основе дополнительной информации, полученной в демонстрационных сериях.

Мы предполагаем, что установление тождества между соответствующими цифрами и графическими множествами могло происходить двумя путями. Первый, который кажется нам более вероятным, – сопоставление ранее полученной информации о количестве подкрепления, соответствующем каждому графическому множеству и каждой цифре от 1 до 4. На основе информации об одинаковом числе личинок под соответствующими цифрами и графическими множествами (I и II, рис. 4), вороны могли сделать вывод о соответствии цифр и множеств (III, рис. 4).

Подобную операцию логического вывода некоторые авторы называют ассоциативной транзитивностью (associative transitivity) [13]: если графическому множеству (a) соответствует определенное число личинок (b) и некоему знаку (c) соответствует то же число личинок (b), то множество (a) соответствует этому знаку (c), т.е. если $a = b$ и $b = c$, следовательно, $a = c$. Таким образом, на основе двух посылок, полученных ассоциативным (условнорефлекторным) путем, животное

Таблица 4. Последовательность из 64 комбинаций стимулов, предъявлявшихся на стадии 8 (демонстрационная серия)

№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка	№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
1	●●●	●●/●●	●●/●●	33	●●●●	●/●	●/●
2	●/●●	●/●●	●●	34	●	●	●/●●●
3	●/●	●/●	●●●●	35	●●	●●	●/●●●
4	●/●	●●●●	●●●●	36	●/●●	●/●●●	●/●●●
5	●	●	●/●●	37	●	●/●●	●/●●
6	●/●●●	●●	●●	38	●●●●	●●●●	●/●
7	●/●●	●/●	●/●	39	●/●●	●/●●	●/●
8	●●/●●	●●/●●	●/●	40	●●/●●	●●	●●
9	●●	●●	●/●●	41	●●/●●	●●/●●	●
10	●	●●/●●	●●/●●	42	●	●	●●/●●
11	●●	●/●●●	●/●●●	43	●●	●/●●	●/●●
12	●/●	●/●	●●●	44	●/●●	●/●●	●●/●●
13	●/●●	●/●●	●/●●●	45	●/●●●	●/●	●/●
14	●/●	●●●	●●●	46	●/●●●	●	●
15	●/●●	●●	●●	47	●/●	●/●	●/●●
16	●/●●●	●/●●●	●●	48	●/●	●/●●●	●/●●●
17	●/●●●	●●●	●●●	49	●●/●●	●●/●●	●/●●
18	●/●	●/●	●●/●●	50	●/●●	●	●
19	●/●●	●●/●●	●●/●●	51	●●●	●/●	●/●
20	●●●	●●●	●/●●●	52	●●/●●	●●/●●	●●
21	●●	●●	●●/●●	53	●/●●	●/●●	●●●●
22	●	●/●●●	●/●●●	54	●●/●●	●/●	●/●
23	●/●	●/●●	●/●●	55	●●●●	●/●●	●/●●
24	●/●●●	●/●●●	●/●	56	●●●●	●●●●	●/●●
25	●●●	●/●●●	●/●●●	57	●●/●●	●●/●●	●●●
26	●/●●●	●/●●●	●/●●	58	●/●●	●/●●●	●/●●●
27	●●●	●●●	●/●	59	●/●●	●/●●	●
28	●●/●●	●	●	60	●/●	●●/●●	●●/●●
29	●/●	●●	●/●●●	61	●/●●●	●/●●●	●
30	●●/●●	●●●	●●●	62	●●●	●●●	●●/●●
31	●/●●	●●●●	●●●●	63	●●/●●	●/●●	●/●●
32	●/●●●	●/●●●	●●●	64	●●	●●/●●	●●/●●

может сделать вывод о наличии третьей связи. Показано, что голуби [22] в отличие от шимпанзе [40] с такой задачей не справляются. Наши результаты позволяют предположить, что вороны способны к этому типу транзитивного заключения, что подтверждает ранее полученные нами данные [3].

Другим возможным, хотя и менее вероятным способом решения теста могло быть сопоставление полученной в демонстрационных сериях информации о несоответствии образца и неподкрепляемого стимула. Например, из демонстрационной серии 1a (табл. 2) птица могла извлечь

информацию о том, что один элемент не соответствует цифре 2; множество из двух элементов не соответствует цифре 1; цифра 1 не соответствует множеству из двух элементов и цифра 2 не соответствует одному элементу. Этой информации могло быть вполне достаточно для того, чтобы в тесте выбрать из двух стимулов правильный. В таком случае информация о числе единиц подкрепления избыточна и не является необходимой для решения задачи. Усваивает ли птица в этом случае дополнительную информацию о том, что множество из двух элементов соответствует цифре 2? По-видимому, да, поскольку в противном

Таблица 5. Последовательность из 56 комбинаций стимулов, предъявляемых на стадии 9 (тест на “сложение”)

№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка	№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
1*	2	1/1	1	29	2/2	4	1/2
2*	1/1	4	2/2	30	4	2/2	1
3*	4	2/2	2	31	1/1	2/2	1/3
4*	3	1/2	4	32	4	1/1	2
5*	1/2	2/2	1/3	33	2	1/1	1
6	1/2	4	2/2	34	3	1/3	4
7	3	1/2	2	35	2/2	1/3	1/2
8	3	2/2	4	36	1	1/3	4
9*	1/1	2	1/3	37	4	1/2	3
10	1/3	2/2	1/1	38	1/3	2/2	1/2
11*	1/2	4	1/3	39	2/2	4	1/1
12*	1/1	3	1/2	40	1	1/2	3
13	1/1	2	1/3	41	4	1/3	3
14	1/3	3	1/2	42	2/2	2	1/1
15	1/1	2	2/2	43	1/1	1/3	2/2
16	1/1	4	1/3	44	1/1	2	1/2
17	2	1/1	3	45	2/2	3	1/2
18*	4	1/3	2	46	2	1/3	4
19	1/3	2	1/1	47	3	1/2	1
20	1/2	3	1/3	48	1/3	4	1/1
21	1	1/1	2	49	4	1/3	1
22*	1/2	1/3	2/2	50	2	1/2	3
23	1/2	3	1/1	51	1	2/2	4
24	2	2/2	4	52	2/2	1/3	1/1
25	1/3	2	1/1	53	1/2	2	1/1
26	1/3	4	1/2	54	4	2/2	3
27	1/2	3	2/2	55	2	1/1	4
28	1	1/1	2	56	3	1/1	2

Примечание. Звездочками отмечены номера первых 10 неповторяющихся сочетаний образца и соответствующей карточки для выбора.

случае птицы не смогли бы успешно выполнить последующие тесты на “сложение”, которые требуют наличия уже установленного соответствия между числом элементов в множестве и арабской цифрой.

С нашей точки зрения, в пользу первого механизма говорит то, что как люди, так и животные склонны усваивать информацию скорее о подкрепляемых, нежели о неподкрепляемых стимулах [35]. Тем не менее для уточнения механизма принятия решения необходимо провести дополнительные серии экспериментов. Возможны по крайней мере три варианта их организации. Во-первых, комбинации, используемые в демонстрационных сериях, составлять только из стимулов, принадлежащих к одной категории. В этом слу-

чае информация о количестве подкрепления будет единственным звеном, связывающим цифры и графические множества. Во-вторых, в демонстрационных сериях в качестве неподкрепляемого стимула использовать какие-либо “посторонние”, не используемые в тестах знаки. В этом случае второй механизм принятия решения будет невозможен. Например, информация о том, что один элемент не соответствует знаку “&”, а два элемента не соответствуют знаку “\$”, никак не поможет установить соответствие между множествами и цифрами 1 и 2. В-третьих, проводить сходные демонстрационные серии, но использовать при этом не дифференцированное, а стандартное количество подкрепления. Если дифференцированное количество подкрепления дейст-

Таблица 6. Последовательность комбинаций стимулов, предъявлявшихся на стадии 10 (“свободный” выбор)

№ комбинации	Левая карточка	Правая карточка
1	1	4
2	2/2	1/1
3	2	1
4	1/1	1/2
5	4	3
6	1/1	1/3
7	1/2	2/2
8	4	2
9	1/3	1/2
10	2	3
11	1/2	1/3
12	3	1
13	1	4
14	1/1	2/2
15	1/3	1/1
16	4	1
17	2	4
18	2/2	1/2
19	1	2
20	3	4
21	4	1
22	3	2
23	1	3
24	1/2	1/1

Примечание. Ситуация “свободного” выбора (под каждым стимулом находится соответствующее количество подкрепления).

вительно необходимо для установления соответствия между цифрой и множеством, то в такой ситуации вороны не смогут справиться с тестом. Если же птицы успешно справятся с задачей, значит, они могут использовать второй вариант решения, не связанный с ассоциативным транзитивным заключением.

Кроме того, в дополнительных сериях экспериментов необходимо выяснить, могут ли вороны, установившие соответствие между символами и определенным базовым набором графических множеств, успешно применить эту информацию к совершенно новым графическим множествам.

Результаты 9-й стадии (тест на “сложение” цифр) показали, что вороны могут оперировать усвоенными цифрами, т.е. выполнять с ними комбинаторную операцию, аналогичную арифметическому сложению. К началу этой серии птицы обладали информацией о том, что каждому конкретному графическому множеству и каждой цифре соответствует определенное число личинок (I и II, рис. 4) и

Таблица 7. Последовательность из 32 комбинаций стимулов, предъявлявшихся на стадии 11 (контроль)

№ комбинации	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
1	2	●/●	2
2	●●●●	2/2	●●●●
3	2/2	●●●●	2/2
4	●/●●	3	●●/●
5	1/3	●●●	1/3
6	1/2	●●●	1/2
7	1/1	●●	1/1
8	●●●●	1/3	●●●●
9	●●●	1/2	●●●
10	●/●	2	●/●
11	●/●●●	4	●/●●●
12	●●	1/1	●●
13	4	●●●●	4
14	2	●/●	2
15	●/●●●	4	●/●●●
16	3	●/●●	3
17	●●/●●	4	●●/●●
18	1/1	●●	1/1
19	4	●/●●●	4
20	●●●●	1/3	●●●●
21	●●/●	3	●●/●
22	●/●	2	●/●
23	1/3	●●●●	1/3
24	●●●	3	●●●
25	●●●●	2/2	●●●●
26	1/2	●●●	1/2
27	2/2	●●●●	2/2
28	4	●●/●●	4
29	●●	1/1	●●
30	4	●/●●●	4
31	3	●/●●	3
32	●●/●●	4	●●/●●

Таблица 8. Результаты предъявления первых неповторяющихся комбинаций в тестовых сериях 16–66

№ вороны	Число правильных решений/число предъявлений	Доля правильных решений, %	Достоверность
208	21/24	87.5	$p < 0.001$
250	16/24	66.7	$p > 0.05$
251	19/24	79.2	$p < 0.01$
297	18/24	75.0	$p < 0.01$

Таблица 9. Результаты теста на относительную количественную оценку цифр в ситуации свободного выбора

№ вороны	Доля выборов большей цифры (А), %	Доля выборов пары цифр с большей суммой (Б), %	Достоверность различий между (А) и (Б)
208	71.4 $p < 0.01$	80.0 $p < 0.001$	$p > 0.05$
251	88.1 $p < 0.0001$	83.3 $p < 0.0001$	$p > 0.05$
297	92.9 $p < 0.0001$	70.0 $p < 0.01$	$p < 0.05$
Суммарно	84.1 $p < 0.0001$	77.8 $p < 0.001$	$p > 0.05$

что определенные цифры и графические множества соответствуют друг другу (III, рис. 4). В ходе демонстрационной серии птицы получали дополнительную информацию о том, что под карточкой с “разделенным” графическим множеством находится соответствующим образом разделенное число личинок (IV, рис. 4). Для правильного выполнения теста они должны были сделать мысленное заключение об эквивалентности друг другу отдельных цифр и соответствующих комбинаций двух цифр (V, рис. 4). Аналогичные способности ранее были выявлены в основном у приматов [12, 25]. По данным Ж.И. Резниковой и Б.Я. Рябко, способность к выполнению простейших арифметических операций имеется у муравьев [8]. Полученные нами данные опровергают мнение о том, что “способностью к ... выполнению операций с числами, вероятно, обладают только люди и, возможно, другие приматы” [15, с. 123].

Необходимо, однако, отметить, что из-за ограниченности использованного диапазона чисел существуют только 10 возможных сочетаний образца и соответствующей карточки для выбора (табл. 5). А для того, чтобы на результатах теста не сказывалась возможность обучения, необходимо анализировать именно первые, неповторяющиеся комбинации. Таким образом, в последующих экспериментах необходимо использовать больший диапазон чисел (например, 1–6 или 1–8).

Результаты теста на относительную количественную оценку в ситуации свободного выбора между отдельными цифрами или парами цифр свидетельствуют, что у ворон на предыдущих стадиях на основе информации о разном числе единиц подкрепления, соответствующем разным стимулам, сформировалось представление об упорядоченном ряде множеств и соответственно о ряде символов-цифр. Подобные результаты ранее были получены на макаках и шимпанзе, которые успешно сравнивали символы по их относительной “пищевой ценности” [28–30, 33, 37]. Более того, вороны успешно сравнивали комбинации двух цифр. Наша методика (предъявление цифр для сравнения) полностью исключает возможность использования других количественных, сопряженных с числом признаков – выбирать большую цифру вороны могли только по признаку числа, ранее ассоциированному с этими стимулами. Кроме того,

предпочтение пар цифр, составляющих большую сумму, не может быть объяснено процессами перцептивного слияния, как в случае сравнения пар множеств [31, 32]. Необходимо, однако, отметить, что из-за ограниченности использованного диапазона чисел (от 1 до 4) комбинации цифр с большей суммой всегда содержали и большую цифру.

В целом полученные данные демонстрируют способность ворон к некоторым элементам символизации. На основе ранее полученной ими информации некоторые птицы смогли установить тождество множеств и цифр и далее отвлеченно (в отсутствие обозначаемых ими множеств) оперировать ими – выполнять операцию, аналогичную арифметическому сложению цифр. Таким образом, вороны, возможно, способны сохранять информацию о числовых параметрах стимулов не только в форме образных представлений (imaginal representations), но и в некой отвлеченной и обобщенной форме (abstracted representations) [10, 27] и связывать это отвлеченное представление с ранее нейтральными для них знаками – арабскими цифрами.

ВЫВОДЫ

1. Вороны оказались способны экстренным путем, за счет сопоставления ранее полученной информации установить тождество графических множеств и исходно индифферентных для них знаков (арабских цифр от 1 до 4).

2. Вороны без специального обучения способны выполнять с цифрами операцию, аналогичную арифметическому сложению, что подтверждает предположение об их способности к овладению элементами символизации.

Авторы выражают благодарность фирме “Зоолекс” и лично Е.И. Сарычеву за помощь в отлове ворон.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 98-04-48440), Швейцарского национального научного фонда (грант IP 7 № 051224), а также при благотворительной помощи АООТ Московская фармацевтическая фабрика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина З.А. Рассудочная деятельность животных как биологическая предпосылка мышления человека // Мир психологии. 1999. Т. 1. № 17. С. 186–197.
2. Зорина З.А., Калинина Т.С., Майорова М.Е. и др. Относительные количественные оценки у ворон и голубей при экстренном сопоставлении стимулов, ранее связанных с разными количествами подкрепления // Журн. высш. нерв. деят. 1991. Т. 41. № 2. С. 306–313.
3. Зорина З.А., Калинина Т.С., Маркина Н.В. Транзитивное заключение у птиц: решение теста Гиллана врановыми и голубями // Журн. высш. нерв. деят. 1995. Т. 45. № 4. С. 716–722.
4. Зорина З.А., Смирнова А.А. Относительные количественные оценки у голубей и ворон: спонтанный выбор большего пищевого множества // Журн. высш. нерв. деят. 1994. Т. 44. № 3. С. 618–621.
5. Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественные оценки у серых ворон: обобщение по относительному признаку “большее множество” // Журн. высш. нерв. деят. 1995. Т. 45. № 3. С. 490–499.
6. Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности // М.: Изд-во МГУ, 1986. 270 с.
7. Обухов Д.К. Современные представления о структурно-функциональной организации конечного мозга птиц // Морфогенез и реактивная перестройка нервной системы. Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. Т. 76. Вып. 5 / Под ред. Сотникова О.С. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. С. 113–133.
8. Резникова Ж.И., Рябко Б.Я. Экспериментальные исследования способности муравьев к сложению и вычитанию небольших чисел // Журн. высш. нерв. деят. 1999. Т. 49. № 1. С. 12–21.
9. Смирнова А.А., Зорина З.А., Лазарева О.Ф. Обучение серых ворон (*Corvus cornix* L.) отвлеченному правилу выбора по соответствию/несоответствию с образцом // Журн. высш. нерв. деят. 1998. Т. 48. № 5. С. 855–867.
10. Фирсов Л.А. По следам Маугли? // Язык в океане языков. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1993. С. 44–59.
11. Boysen S.T. Counting in chimpanzees: nonhuman principles and emergent properties of number // The Development of Numerical Competence: Animal and Human Models / Eds Boysen S.T., Capaldi E.J. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1993. P. 39–60.
12. Boysen S.T., Bernston G.G., Hannan M.B., Cacioppo J.T. Quantity-based interference and symbolic representations in chimpanzees (*Pan troglodytes*) // J. Exptl Psychol. Anim. Behav. Proc. 1996. V. 22. № 1. P. 76–86.
13. D'Amato M.R., Colombo M. Cognitive processes in cebus monkeys // Animal Cognition // Eds Roitblat H.L., Bever T.G., Terrace H.S. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1984. P. 149–168.
14. Davis H., Perusse R. Numerical competence in animal: Definitional issue, current evidence, and a new research agenda // Behav. and Brain Sci. 1988. V. 11. P. 561–615.
15. Davis H. Numerical competence in animals: Life beyond Clever Hans // The Development of Numerical Competence: Animal and Human Models / Eds Boysen S.T., Capaldi E.J. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1993. P. 109–126.
16. Ferster C.B., Hammer C.E. Synthesizing the components of arithmetic behavior // Operant Behavior: Areas of Research and Application / Ed. Honig W.K. N.Y.: Appleton-Century-Crofts, 1966. P. 634–675.
17. Gardner B.T., Gardner R.A. Signs of intelligence in cross-fostered chimpanzees // Phil. Trans. Roy. Soc. (London). 1985. V. B308. P. 159–176.
18. Gelman R., Gallistel C.R. The child's understanding of number // Cambridge, MA: Harvard Univ. Press, 1978.
19. Gisiner R., Schusterman R.J. Sequence, syntax and semantics: Responses of a language-trained sea lion (*Zalophus californianus*) to novel sign combinations // J. Compar. Psychol. 1992. V. 106. P. 78–91.
20. Herman L.M. Cognition and language competencies of bottlenose dolphins // Dolphin Cognition and Behavior: A Comparative Approach / Eds Schusterman R.J., Thomas J.A., Wood F.G. N. Y.: Lawrence Erlbaum Assoc., 1986. P. 221–252.
21. Koehler O. Thinking without words // Proceedings of the 14th International Congress of Zoology. Copenhagen, 1956. 79 p.
22. Lipkens R., Kop P.F.M., Matthijs W. A test of symmetry and transitivity in the conditional discrimination performances of pigeons // J. Exptl Anal. Behav. 1988. V. 49. P. 395–409.
23. Matsuzawa T., Asano T., Kubota K., Murofushi K. Acquisition and generalization of numerical labeling by a chimpanzee // Current Perspectives in Primate Social Dynamics / Eds Taub D.M., King F.A. N. Y.: Van Nostrand, 1986. P. 416–430.
24. Murofushi K. Numerical matching behavior by chimpanzee (*Pan troglodytes*): Subitizing and analogue magnitude estimation // Japan. Psychol. Res. 1997. V. 39. № 3. P. 140–153.
25. Olthof A., Iden C.M., Roberts W.A. Judgments of ordinality and summation of number symbols by squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) // J. Exptl Psychol. Anim. Behav. Proc. 1997. V. 23. № 3. P. 325–339.
26. Pepperberg I.M. Numerical competence in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*) // J. Compar. Psychol. 1994. V. 108. P. 36–44.
27. Premack D. Animal cognition // Ann. Rev. Psychol. 1983. V. 34. P. 351.
28. Rumbaugh D.M., Washburn D.A. Counting by chimpanzees and ordinality judgments by macaques in video-formatted tasks // The Development of Numerical Competence: Animal and Human Models / Eds Boysen S.T., Capaldi E.J. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1993. P. 87–106.
29. Rumbaugh D.M., Hopkins W.D., Washburn D.A., Savage-Rumbaugh E.S. Lana chimpanzee learns to count by “Numath”: a summary of videotaped experimental report // Psychol. Rec. 1989a. V. 39. P. 459–470.
30. Rumbaugh D.M., Washburn D.A. Counting by chimpanzees and ordinality judgments by macaques in video-formatted tasks // The Development of Numerical Competence: Animal and Human Models / Eds Boysen S.T., Capaldi E.J. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1993. P. 87–106.

31. *Rumbaugh D.M., Savage-Rumbaugh S., Hegel M.T.* Summation in the chimpanzee (Pan troglodytes) // *J. Exptl Psychol. Anim. Behav. Proc.* 1987. V. 13. № 2. P. 107–115.
32. *Rumbaugh D.M., Savage-Rumbaugh E.S., Pate J.L.* Addendum to "Summation in the chimpanzee (Pan troglodytes)" // *J. Exptl Psychol. Anim. Behav. Proc.* 1988. V. 14. № 1. P. 118–120.
33. *Rumbaugh D.M.* Comparative psychology and the great apes: Their competence in learning language, and numbers // *Psychol. Rec.* 1990. V. 40. P. 15–39.
34. *Savage-Rumbaugh E.S., Murphy J., Sevcik R.A. et al.* Language comprehension in ape and child // *Monogr. Soc. Res. Child Developm.* 1993. V. 58. № 3–4. 222 p.
35. *Siemann M.* Transitive Inferenz bei nonverbaler Präsentationsform – ein Überblick // *Z. Tierpsychol.* 1996. H. 204. S. 233–259.
36. *Smirnova A.A., Lazareva O.F., Zorina Z.A.* Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning // *J. Exptl Anal. Behav.* 2000. V. 73. P. 177–193.
37. *Washburn D.A., Rumbaugh D.M.* Ordinal judgments of numerical symbols by macaques (*Macaca mulatta*) // *Psychol. Sci.* 1991. V. 2. P. 190–193.
38. *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.* 1985. V. 37B. P. 313.
39. *Xia L., Emmerton J., Siemann M., Delius J.* Pigeons learn to link elements numerosities with numerical symbols // *J. Compar. Psychol.* 2001. V. 115. № 1. P. 83–91.
40. *Yamamoto J., Asano T.* Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*) // *Psychol. Rec.* 1995. V. 45. P. 3–21.

Prototype Symbolization in Hooded Crows

A. A. Smirnova, O. F. Lazareva, Z. A. Zorina

Lomonosov State University, Moscow

The ability in prototype symbolization was studied in four crows trained in matching concept. The experimental approach was characterized by the absence of direct training providing an association between the pictured arrays and Arabic numerals. Experimental sessions were divided into demonstrative and test phases. In the demonstrative phases, the sample and the reinforced stimulus belonged to the same category: if the sample was a pictured array, the reinforced stimulus was also the pictured array, if the sample was a numeral, the reinforced stimulus was likewise a numeral. Matching-to-sample competence was sufficient to perform this task successfully. In case of a correct choice a crow received some mealworms, their number was equal to the number of items in the pictured array or the Arabic numeral. In the test phases, the sample and the comparison stimuli were of different categories. If the sample was a pictured array, the comparison stimuli were numerals; if the sample was a numeral, the comparisons were the pictured arrays. Such tests required the birds to choose a numeric symbol corresponding to the pictured array or to choose the array of pictured items numerically equal to the Arabic symbol. All four crows performed this task successfully. Birds were able to set up a correspondence between the Arabic numeral from 1 to 4 and the number of elements in pictured arrays by way of mental juxtaposition of the earlier received information. Similar experiments showed that crows are likely to be able to perform mental operations with numerals analogous to simple arithmetic addition.