

УДК 57.024

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСВОЕНИЯ ЗНАКОВ У СЕРЫХ ВОРОН\***

**М.В. Самулеева, А.А. Смирнова**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Исследование процесса символизации (т.е. установления отношений эквивалентности между знаком и обозначаемым – референтом) у животных вносит вклад в понимание биологических предпосылок возникновения языка человека. Для изучения факторов, влияющих на формирование эквивалентных отношений между знаком и референтом, серых ворон без предшествующего экспериментального опыта обучали использовать знаки для обозначения понятий «сходство» и «различие». Одну из четырех птиц удалось обучить по знаку “S” выбирать изображение одинаковых по размеру, а по знаку “V” — разных по размеру фигур (A→B). Тесты на перенос правила выбора на новые стимулы (сходные и различные либо по знакомому признаку — размеру фигур, либо по новому признаку — их форме) показали, что ворона связала знаки не с конкретными стимулами, а с понятиями «сходство» и «отличие». Далее эта птица справилась с тестом на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым (B→A), с которым животные обычно не справляются, а также с тестом на понимание рефлексивности (A→A, B→B). Таким образом, впервые получены данные, свидетельствующие о том, что понимание симметричности и рефлексивности отношений между знаками и их референтами может возникнуть спонтанно. Полученные данные указывают на ключевую роль типа референта для формирования истинно эквивалентных отношений, а также на важность понимания симметричности в появлении другого свойства эквивалентных отношений – рефлексивности.

**Ключевые слова:** эквивалентность, симметричность, рефлексивность, выбор по образцу, серые вороны.

DOI: 10.26456/vtbio61

**Введение.** Способность устанавливать эквивалентные (взаимозаменяемые) отношения между исходно индифферентным для субъекта стимулом («знаком») и предметом или понятием («обозначаемым»; референтом) называют символизацией (Carr, Felce,

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №16-04-01169).

2000; Sidman et al., 1989; Zentall et al., 2014). Эквивалентными называют (Sidman et al., 1982; Sidman, Tailby, 1982) отношения, обладающие свойствами симметричности (перестановка членов отношения  $R$  не ведет к изменению типа отношения:  $xRy \rightarrow yRx$ ), рефлексивности (каждый член отношения находится в таком же отношении  $R$  к самому себе:  $xRy \rightarrow (xRx \text{ и } yRy)$ ) и транзитивности (из отношения  $R$  между  $x$  и  $y$ , и между  $y$  и  $z$  следует такое же отношение  $R$  между  $x$  и  $z$ :  $(xRy \text{ и } yRz) \rightarrow xRz$ ). Люди в процессе усвоения языка сталкиваются с многократной демонстрацией свойств эквивалентных отношений между знаками и их референтами. Вероятно, именно этот предшествующий опыт обуславливает тот факт, что в условиях эксперимента испытуемые люди склонны считать стимулы, связанные историей подкрепления в ходе обучения, эквивалентными (Tomanari et al., 2006).

Опыт усвоения и использования языка, а, следовательно, свойств эквивалентных отношений, имеющийся у людей, затрудняет экспериментальное изучение механизмов формирования эквивалентных отношений и их отдельных свойств (Urcuioli, 2011). Моделирование и изучение этого процесса возможно в экспериментах с животными (например, Sidman et al., 1982; Tomonaga et al., 1991; Schusterman, Kastak, 1993; Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, Swisher, 2012; Medam et al., 2016; Soares Filho et al., 2016). В таких экспериментах животное сначала обучают выбору по условному соответствию образцу, т.е. целенаправленно формируют некие отношения между образцом и соответствующим стимулом для выбора (например, если образец  $A$ , то выбирай стимул  $B$ , а если образец  $B$ , то выбирай стимул  $C$ ), а затем в тесте оценивают возможность спонтанного появления новых отношений: например, между образцом  $B$  и стимулом  $A$  (отношение симметричности); между образцом  $A$  и стимулом  $A$  (отношение рефлексивности); между образцом  $A$  и стимулом  $C$  (отношение транзитивности; Sidman, Tailby, 1982; Sidman et al., 1982).

К настоящему времени показано, что высокоорганизованные животные, в том числе птицы - врановые и попугаи, способны выполнять основные операции мышления (обобщение и абстрагирование, сравнение, основанное на оценке сходства и различия; анализ и синтез), оперировать понятиями и обучаться использованию знаков-символов для их обозначения (Zentall et al., 2008; Pepperberg, Gordon, 2005; Смирнова и др., 2002; Смирнова, 2011). Мозг птиц длительное время считали принципиально более примитивным по сравнению с мозгом млекопитающих из-за отсутствия в нем шестислойной новой коры. В настоящее время это представление пересмотрено (Reiner et al., 2004; Jarvis et al., 2005; Gunturkun, Bugnyar, 2016; Briscoe et al., 2018). Обнаружено, что среди молодых структур паллиума имеются гомологи новой коры, выполняющие аналогичные с

ней функции (Gunturkun, Bugnyar, 2016; Briscoe et al., 2018), и, несмотря на вчетверо меньший абсолютный вес полушарий, число нейронов в структурах паллиума у врановых и попугаев примерно такое же, как у некоторых приматов (макак и капуцинов; Olkowicz et al, 2016). Таким образом, данные о сложности поведения этих птиц перестали противоречить представлениям о строении их мозга.

Большая часть данных о способности животных к символизации получена на приматах и некоторых других млекопитающих. Данных о подобных способностях птиц гораздо меньше. Большая часть из них получена благодаря многолетним экспериментам Ирен Пепперберг (Pepperberg, 1987, 2006; Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, 2013; Пепперберг, 2017), которой при помощи особой методики удалось обучить серых жако (*Psittacus erithacus*) не только произнесению слов устной английской речи, но и пониманию их значения. Пепперберг впервые показала, что попугаи способны установить истинно эквивалентные отношения не только между знаками и конкретными объектами, но и между знаками и понятиями (Pepperberg, 2013). В числе прочего Пепперберг исследовала способность жако по кличке Алекс усвоить эквивалентность множеств, содержащих от 1 до 6 элементов (А), и двух типов знаков для обозначения числа элементов в них — слов-числительных (В) и арабских цифр (С) (Pepperberg, 1987, 1994; 2006; Pepperberg, Gordon, 2005). Попугая обучили называть числительное (В), соответствующее числу предъявляемых объектов (А): А→В. После этого он справился с тестом на симметричность отношений (Pepperberg, Gordon, 2005): без дополнительного обучения выбирал множество, соответствующее устному числительному (В→А).

Результаты, продемонстрированные Алексом, можно считать выдающимися, поскольку животные с тестом на понимание симметричности отношений обычно не справляются (например, Sidman et al., 1982; Dugdale, Lowe, 2000). Это во многом обусловлено тем, что обычно при обучении выбору по условному соответствию образцу используют несколько пар стимулов, формируя тем самым у животного несколько правил выбора типа «если ..., то ...», которые являются заведомо однонаправленными. Эта однонаправленность обусловлена еще и тем, что местоположение (и/или время предъявления) образца или стимулов для выбора является одной из их важных характеристик, не менее значимой чем изображение на них (Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002; Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, 2008). Положительный результат в тесте на симметричность отношений удалось получить лишь в нескольких исследованиях, в которых животных так или иначе приучали к тому, что образец и стимулы для выбора могут меняться ролями, и тем самым демонстрировали возможность симметричных отношений (Tomonaga et al, 1991; Frank, Wasserman, 2005).

Ранее мы обнаружили Смирнова и др., 2013), что серая ворона (*Corvus cornix*) и венесуэльский амазон (*Amazona amazonica*) после обучения выбору по условному соответствию образцу (если образцом было изображение буквы «S», птицу подкрепляли за выбор пары фигур одной формы и одинакового размера, а если «V», то за выбор пары фигур разного размер) справились с тестом на понимание симметричности отношений (81,9% и 77,8%,  $p > 0.05$ ,  $n = 24$ ). Эти птицы ранее были обучены обобщенному (т.е. применимому к любым новым стимулам) правилу выбора по сходству с образцом. Такое обучение можно рассматривать как демонстрацию симметричности и рефлексивности, и, возможно, именно этот опыт оказал влияние на результат теста.

Для того, чтобы выяснить, действительно ли положительный результат теста был обусловлен ранее усвоенным обобщенным правилом выбора по сходству с образцом, следующий аналогичный эксперимент провели с воронами без предшествующего экспериментального опыта (Самулеева, Смирнова, 2017). Этим воронам удалось обучить выбору по условному соответствию образцу только при использовании на каждой стадии обучения лишь двух вариантов стимулов для выбора (сначала пары кругов одинакового или разного размера, потом эллипсов, потом треугольников и т.д.). Первый тест на понимание симметричности отношений провели после того, как вороны достигли критерия обученности с первой парой стимулов — кругами. Обе вороны с ним не справились (54.2% и 43.8%,  $p > 0.05$ ,  $n = 48$ ). После завершения обучения со всеми 12 стимулами провели второй тест на понимание симметричности отношений. В этом тесте доля правильных решений у одной из ворон была лишь немного выше случайного уровня (64.6%,  $p = 0.02$ ,  $n = 48$ ), тогда как у другой птицы — не отличалась от случайного уровня (50.0%,  $p > 0.05$ ,  $n = 48$ ). Проведенные далее тесты на перенос правила выбора на новые стимулы как той же, так и новой категории показали, что птицы связали знаки «S» и «V» не только с конкретными стимулами, использованными при обучении, но и с понятиями “сходство” и “различие”. После этого провели третий тест на понимание симметричности отношений, с которым справились обе вороны (79.2%,  $p < 0.001$  и 66.7%,  $p = 0.03$ ,  $n = 24$ ). Положительный результат третьего теста на симметричность отношений мог быть обусловлен двумя факторами: либо тем, что во время двух предыдущих тестов на симметричность птицам продемонстрировали, что образец и стимулы для выбора могут меняться местами (несмотря на то, что в таких тестовых пробах подкрепляли любой выбор — как “правильный”, так и “неправильный”); либо тем, что к моменту проведения третьего теста птицы связали знаки «S» и «V» с понятиями «сходство» и «различие» (Самулеева, Смирнова, 2017).

Целью данной работы, продолжающей исследование механизмов символизации у серых ворон, было выяснить, могут ли вороны справиться с тестами на симметричность и рефлексивность отношений между «знаком» и «обозначаемым» без предварительной демонстрации возможности таких отношений.

**Методика.** Исследования проводили на четырех серых воронах разного возраста (старше двух лет). Три птицы не имели никакого предшествующего экспериментального опыта; у одной вороны был экспериментальный опыт, не имеющий отношения к выбору по сходству или по условному соответствию с образцом. Руководствовались правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (приказ Минздрава СССР №755 от 12 августа 1977 г). Птицы содержались в вольере на открытом воздухе. В ходе экспериментов в их ежедневном рационе при необходимости уменьшали долю кормов, содержащих белки животного происхождения.

На время эксперимента каждую птицу помещали в отдельную клетку (размером 70×35×35 см), оборудованную присадой и поилкой с водой. В ходе опыта в клетку с птицей с помощью рукоятки длиной 30 см вдвигали “поднос” (пластину текстолита размером 20×30 см) с двумя кормушками (5.0×3.7 см) на его краях. Обе кормушки были накрыты ламинированными картонными карточками (70×70 мм) – стимулами для выбора. Между ними на середину подноса помещали карточку-образец. Подкрепление (двух личинок мучного хрущака) помещали в кормушку, накрытую карточкой, которая условно (т.е. по произвольному решению экспериментатора) соответствовала образцу.

Подготовку подноса к предъявлению (в ходе которого двух личинок мучного хрущака помещали в одну из кормушек; накрывали обе кормушки стимулами для выбора и помещали между ними образец) производили вне поля зрения вороны. Чтобы дать птице возможность рассмотреть предъявляемые ей стимулы, поднос на 3-5 с помещали снаружи от клетки так, чтобы ворона уже могла его видеть, но еще не могла дотянуться до карточек, накрывающих кормушки. После того, как птица осуществляла выбор и съедала подкрепление (или убеждалась в его отсутствии в выбранной кормушке), поднос извлекали из клетки, тем самым не давая птице возможности открыть вторую кормушку. Если в течение 2 мин птица не выбирала ни одну из кормушек, поднос также извлекали из клетки. Число проб в день зависело от уровня заинтересованности птиц (в среднем — 40).

Во время опыта экспериментатор находился сбоку от клетки с птицей за непрозрачным экраном (70×40 см), который во время осуществления выбора не позволял птице и человеку видеть друг друга. Таким образом, возможность неосознанного влияния экспериментатора

на выбор была сведена до минимума. Экспериментатор оценивал результат выбора, заглядывая за экран, уже после того, как выбор был сделан (после того как слышал звуки, свидетельствующие об открывании одной из кормушек).

При обучении выбору по условному соответствию образцу использовали два стимула-образца: на одном на белом фоне была изображена зеленая буква «S», а на другом — буква «V». На каждом из 12 стимулов для выбора на белом фоне была изображена пара черных геометрических фигур одной формы одинакового или разного размера. Суммарные площади пар фигур на стимулах были выровнены. Если образцом было изображение буквы «S», птицу подкрепляли за выбор пары фигур одинакового размера, а если образцом было изображение буквы «V», то за выбор пары фигур разного размера. Обучение проводили до достижения критерия обученности – не менее 80% правильных выборов в 96 пробах подряд ( $p < 0.0001$ ).

В тестах, которые проводили после завершения обучения, собственно “тестовые пробы” (в которых использовали новые стимулы или меняли местами образцы и стимулы для выбора) чередовали с “фоновыми” (ранее уже использованными): каждая тестовая проба следовала после трех фоновых. В тестовых пробах личинок мучного хрущака помещали в обе кормушки. В фоновых пробах, как и при обучении, подкрепляли только “правильный” выбор.

Комбинации стимулов на каждом этапе эксперимента предъявляли в заранее организованной последовательности, в которой квазислучайно меняли как положение подкрепляемого стимула для выбора (в восьми последовательных пробах он четыре раза был слева и четыре раза справа, и при этом на одной стороне не больше двух раз подряд), так и тип образца (в четырех пробах из восьми это было изображение буквы «S», а в других четырех — буквы «V», при этом один и тот же образец использовали не более двух раз подряд).

Эксперимент включал следующие этапы:

I. Обучение выбору по условному соответствию образцу:

1. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора - пары кругов одинакового и разного размера.
2. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора - пары эллипсов одинакового и разного размера.
3. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора - пары квадратов одинакового и разного размера.
4. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора — пары прямоугольников одинакового и разного размера.
5. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора — пары равнобедренных треугольников одинакового и разного размера.

6. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора — пары равнобедренных треугольников одинакового и разного размера.

7. Образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора — все 12 ранее использованных стимулов (пары кругов, эллипсов и т.д.).

II. Тесты на перенос правила выбора на новые (ранее не использованные) стимулы

1. Тест с новыми стимулами знакомого типа (сходные и различные по знакомому признаку — размеру фигур). Образцы — изображения букв “S” и “V”. Стимулы для выбора в 24 тестовых пробах — изображения пар фигур одинакового и разного размера шести новых форм (12 стимулов). Стимулы для выбора в 72 фоновых пробах — те же, что были использованы при обучении (6 изображений пар фигур одинакового размера и 6 изображений пар фигур разного размера).

2. Тест со стимулами нового типа (сходные и различные по новому признаку — форме фигур). Образцы — изображения букв “S” и “V”. Стимулы для выбора в 24 тестовых пробах — 12 изображений пар фигур одной формы и 24 изображения пар фигур разной формы (в каждой паре фигуры разного размера). Стимулы для выбора в 72 фоновых пробах — 12 изображений пар фигур одинакового размера и 12 изображений пар фигур разного размера.

III. Тест на понимание симметричности отношений. В 24 тестовых пробах образцы — 12 изображений пар фигур одинаковой формы и 12 изображений пар фигур разной формы (в каждой паре фигуры одинакового размера); стимулы для выбора — изображения букв “S” и “V”. В 72 фоновых пробах образцы — изображения букв “S” и “V”; стимулы для выбора — 12 изображений пар фигур одинаковой или разной формы (в каждой паре фигуры одинакового размера).

IV. Тест на понимание рефлексивности отношений.

Тест состоял из трех частей. В тестовых пробах образец был идентичен одному из стимулов для выбора. В первых двух частях в тестовых пробах и образцами, и стимулами для выбора служили изображения 12 пар фигур одинаковой или 12 пар фигур разной формы (в каждой паре фигуры были одинакового размера). В первой части в 24 тестовых пробах на одном из стимулов для выбора были изображены пары фигур одинаковой формы, а на другом — разной (например, два треугольника на одном и треугольник с кругом на другом). Во второй части в 24 тестовых пробах на обоих стимулах для выбора были изображены пары фигур либо одинаковой, либо разной формы (например, два креста на одном и два круга на другом; или круг и крест на одном и треугольник и полумесяц на другом). Таким образом, в первой части теста “неправильный” стимул для выбора относился к другой категории (например, если на образце и “правильном” стимуле

для выбора были изображены фигуры одной формы, то на "неправильном" — разной), а во второй части теста — к той же категории. В каждой из этих двух частей теста в 72 фоновых пробах образцом было либо изображение букв "S" или "V", а стимулами для выбора — изображения пар фигур одинаковой или разной формы (12 изображений пар фигур разной формы и 12 изображений пар фигур одинаковой формы; в каждой паре фигуры были одинакового размера); либо образцом было изображение этих же пар фигур, а стимулами для выбора — буквы "S" или "V".

В третьей части теста на рефлексивность отношений в 48 тестовых пробах образцами и стимулами для выбора в половине случаев служили буквы "S" и "V", а в другой половине — цифры от 1 до 8 (цифры были использованы как изображения линий определенной формы). Фоновые пробы были такие же, как описано выше (всего 144).

Для статистического анализа данных использовали программу "STATISTICA for Windows" (версия 7): уровень достоверности правильных решений оценивали для биномиального распределения ("Binomial distribution probability calculator"); достоверность различий между долями правильных решений вычисляли с помощью метода определения ошибки разности между выборочными долями по критерию Стьюдента ("Difference between two proportions").

### ***Результаты.***

#### **I. Обучение выбору по условному соответствию образцу**

Обучение четырех новых ворон выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора (парами кругов одинакового или разного размера) было очень длительным. Две вороны погибли от эпизоотии кокцидиоза после того, как с ними было выполнено 6240 и 6288 проб соответственно. Критерия обученности (не менее 80% правильных выборов в 96 пробах подряд;  $p < 0.0001$ ) ни одна из этих двух птиц не достигла, но у обеих были отмечены многократные эпизоды достоверно неслучайного выбора ( $p < 0.01$ ,  $n = 48$ ), после которых доля правильных решений вновь снижалась до случайного уровня. Другие две вороны (Крокус и Глазик) достигли критерия обученности с двумя стимулами для выбора (парами кругов одинакового или разного размера) за 6624 и 3168 проб соответственно.

Затем обучение птиц выбору по условному соответствию образцу продолжили с новой парой стимулов для выбора — изображениями пар эллипсов. Ни одна из двух птиц не смогли перенести ранее усвоенный навык на новые стимулы, что свидетельствует о том, что на первом этапе обучения у них сформировались два частных правила выбора "если..., то...", применимые только к изображениям кругов. На втором этапе Глазик достиг критерия обученности значительно быстрее — за 896 проб;

Крокус погиб от вышеупомянутой эпизоотии кокцидиоза после того, как с ним было сделано 480 проб.

На следующем этапе (стимулы для выбора — изображения пар квадратов) Глазик достиг критерия обученности с новыми стимулами за минимально возможное число проб — 96. Столь же быстро он достигал критерия обученности на следующих трех этапах обучения с тремя оставшимися парами стимулов: прямоугольниками, равносторонними и равнобедренными треугольниками (184, 96 и 96 проб соответственно), а также на заключительном этапе обучения, на котором чередовали все шесть пар стимулов для выбора (96 проб). Результаты третьего и последующих этапов свидетельствуют о том, что после обучения с парами кругов и эллипсов ворона усвоила особую роль образца как знака, указывающего на подкрепляемый стимул для выбора, и сформировала обобщенное правило выбора, которое далее она успешно применяла к новым стимулам.

II. Тест на перенос правила выбора на новые стимулы знакомого типа

Для того, чтобы выяснить, действительно ли птица связала знаки “S” и “V” не только с изображениями конкретных использованных при обучении стимулов, но и с понятиями «сходство» и «различие», далее провели тесты на перенос правила выбора на новые стимулы. Ворона справилась с обоими тестами — доли правильных выборов в тестовых пробах составили 83.3% ( $n=24$ ;  $p=0.0001$ ) и 70.8% ( $n=24$ ;  $p=0.011$ ) и не отличались от доли правильных выборов в фоновых пробах: 86.12% ( $n=72$ ;  $p<0.0001$ ) и 84.79% ( $n=72$ ,  $p<0.0001$ ) в первом и втором тесте соответственно.

III. Тест на понимание симметричности отношений

Результаты теста на понимание симметричности отношений, в котором образцы и стимулы для выбора впервые поменяли местами оказались положительными — доля правильных выборов в тестовых пробах составила 95,8% ( $n=24$ ,  $p<0,0001$ ) и не отличалась ( $p=0.3183$ ) от доли правильных выборов в фоновых пробах: 93.1% ( $n=72$ ,  $p<0.0001$ ).

IV. Тест на понимание рефлексивности отношений

Серая ворона справилась со всеми тремя вариантами теста на понимание рефлексивности отношений. Доли правильных решений в первой и второй частях теста не отличались друг от друга ( $p=0,3588$ ): 79.2% ( $n=24$ ,  $p=0.0008$ ) и 83.3% ( $n=24$ ,  $p=0.0001$ ) соответственно. В третьей части теста доля правильных решений в пробах со знакомыми изображениями букв “S” и “V” (75%;  $n=24$ ,  $p=0.003$ ) достоверно не отличалась ( $p=0.1365$ ) от доли правильных решений в пробах с новыми для птицы изображениями цифр (87.5%;  $n=24$ ,  $p<0.0001$ ). Суммарная доля правильных решений в первой и второй частях теста (81.25%,  $p<0.0001$ ;  $n=48$ ) не отличалась ( $p<0.0001$ ) от таковой в третьей части

теста (81.25%,  $p < 0.0001$ ;  $n = 48$ ). Доля правильных выборов во всех тестовых пробах (81.3%,  $n = 96$ ,  $p < 0.0001$ ) не отличалась ( $p = 0.3828$ ) от таковой во всех фоновых пробах (79.9%,  $n = 288$ ,  $p < 0.0001$ ).

**Обсуждение полученных результатов.** Серая ворона, которой ранее не демонстрировали возможность симметричных отношений, без дополнительного обучения смогла совершить правильный выбор между знаками “S” и “V” в качестве стимулов для выбора по образцу — изображению пар фигур одинаковой или разной формы. Т.е. она продемонстрировала понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым. Ранее понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым спонтанно, т.е. без использования в процессе обучения каких-либо дополнительных методических приемов, продемонстрировал только серый жако Алекс (Pepperberg, 1987, 1994; Pepperberg, Gordon, 2005). Этот попугай в тесте выбирал множество, число элементов в котором соответствовало называемому экспериментатором устному числительному, после того как его обучили называть слово-числительное, соответствующее числу предъявляемых объектов. Но у Алекса был богатый предшествующий опыт продуктивного и рецептивного использования десятков знаков — слов устной английской речи, а, следовательно, он получал опыт того, что знак и обозначаемое могут меняться местами. Результаты других исследований свидетельствуют о том, что у животных понимание симметричности отношений как правило спонтанно не возникает. Животные справлялись с тестом на понимание симметричности отношений только в том случае, если тесту на симметричность кроме обучения выбору по условному соответствию образцу предшествовало дополнительное обучение, включающее демонстрацию возможности либо симметричных, либо рефлексивных отношений (Tomonaga et al, 1991; Schusterman, Kastak, 1993; Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, 2008; Urcuioli, Swisher, 2015).

Мы полагаем, что положительный результат теста на симметричность отношений в нашем исследовании обусловлен типом референта, которым были не конкретные стимулы, а понятия «сходство» и «различие». Мысленные категории (понятия) в отличие от конкретных стимулов в меньшей степени привязаны к конкретным пространственным и временным параметрам, а именно изменение места и порядка предъявления стимулов в тесте на симметричность считают основной причиной отрицательного результата теста на симметричность у животных (Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, 2008). Референтами знаков “S” и “V” стали именно понятия благодаря тому, что в ходе обучения мы по очереди использовали 6 пар стимулов — пар кругов, эллипсов и т.д. одинакового или разного размера, и каждому знаку соответствовали стимулы одного класса (знаку “S” — одинаковые

по размеру фигуры; знаку “V” — разные по размеру фигуры). В поддержку гипотезы о ключевой роли типа референта свидетельствуют и данные, полученные на сером жако Алексе (Pepperberg, 1987, 1994; Pepperberg, Gordon, 2005; Пепперберг, 2017), у которого обозначаемым также были понятия. Мнение о том, что формированию эквивалентных отношений, вероятно, способствует обучение соответствию между знаком и целым классом референтов высказывали и другие авторы (Medam et. al., 2016), аргументируя это тем, что в языке обозначаемым является не отдельный объект, а обобщенное представление о классе объектов (понятие). Благодаря тому, что референтами знаков “S” и “V” стали понятия «сходство» и «различие» в тесте на понимание симметричности отношений в качестве образцов мы смогли применить новые стимулы, принадлежащие к той же категории, что и ранее использованные (изображения пар геометрических фигур). Такой способ организации теста также мог повлиять на его результат, поскольку новые стимулы, в отличие от знакомых, не были привязаны к конкретному месту предъявления.

Ворона, связавшая знаки “S” и “V” с понятиями сходство и различия, и справившаяся с тестом на понимание симметричности отношений, продемонстрировала положительный результат в тесте на рефлексивность (A—A, B—B). Она без дополнительного обучения выбирала стимул сходный с образцом: изображение пары фигур по такому же изображению в качестве образца и знак (S” или “V) — по такому же знаку-образцу. Сходные результаты были получены и в предыдущем эксперименте (Самулеева, Смирнова, 2017): ворона, связавшая знаки “S” и “V” с понятиями сходства и различия, и справившаяся с третьим тестом на понимание симметричности отношений, продемонстрировала положительный результат в первой части теста на рефлексивность (остальные части этого теста с ней провести не удалось, поскольку у нее резко снизилась доля правильных выборов в фоновых пробах, что сделало дальнейшее проведение теста невозможным). Таким образом, две птицы в двух разных экспериментальных сериях, после успешного выполнения теста на понимание симметричности, смогли оперировать еще одним свойством эквивалентных отношений — рефлексивностью. Эти результаты могут свидетельствовать о важности понимания симметричности в формировании истинно эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым: если отношения между знаком и обозначаемым стали симметричными, то знак и обозначаемое эквивалентны, а, следовательно, отношения между ними удовлетворяют и остальным свойствам — в том числе, рефлексивности. Это подтверждают данные, полученные на голубях (Urcioli, Swisher, 2012): некоторым из них для того, чтобы справиться с тестом на рефлексивность, оказалось

достаточно обучения выбору по условному соответствию образцу с прямым и с обратным порядком стимулов ( $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow A$ ), т.е. демонстрации симметричности отношений.

**Заключение.** Таким образом нами впервые получены данные о том, что серая ворона, которой не демонстрировали возможность симметричных отношений, продемонстрировало спонтанное понимание симметричности отношений между знаками и их референтами. На этот результат мог оказать влияние как тип референта (понятие), так и ставший возможным благодаря этому вариант организации теста на симметричность отношений – а именно, применение в нем новых стимулов. Положительный результат последующего теста на понимание рефлексивности отношений может свидетельствовать о ключевой роли понимания симметричности в появлении других свойств эквивалентных отношений (в данном случае — рефлексивности).

### Список литературы

- Пеннерберг А.* Алекс и я. 2017. М.: Языки славянских культур.
- Самулеева М. В., Смирнова А. А.* 2017. Оценка роли предшествующего экспериментального опыта в формировании свойств эквивалентных отношений у серых ворон // Эволюционная и сравнительная психология в России: Теория и практика исследований (коллективная монография) / Под ред. И. А. Хватова, А. Н. Харитоновой. М.: Когито-Центр. С. 152-160.
- Смирнова А.А.* 2011. О способности птиц к символизации // Зоологический журнал. Т.90. № 7. С. 803-810.
- Смирнова А.А., Лазарева О.Ф., Зорина З.А.* 2002. Исследование способности серых ворон к элементам символизации // Журнал высшей нервной деятельности. Т.52. №2. С. 241-254.
- Смирнова А.А., Обозова Т.А., Самулеева М.В., Зорина З.А.* 2013. Способность к символизации у птиц (врановые и попугаи): усвоение символов для обозначения признаков «сходство» и «различие» // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Тезисы конференции (19 июня 2013 г.). М.: БукиВеди. С. 1-5.
- Briscoe S. D., Albertin C. B., Rowell J. J., Ragsdale C. W.* 2018. Neocortical association cell types in the forebrain of birds and alligators. //Current Biology. V. 28. №. 5. P. 686-696.
- Carr D., Felce D.* 2000. Application of stimulus equivalence to language intervention for individuals with severe linguistic disabilities // Journal of Intellectual and Developmental Disability. V. 25. № 3. P. 181-205.
- Dugdale N., Lowe C.F.* 2000. Testing for symmetry in the conditional discriminations of language-trained chimpanzees // Journal of the experimental analysis of behavior. V. 73. № 1. P. 5-22.

- Frank A.J., Wasserman E.A. 2005. Associative Symmetry In The Pigeon After Successive Matching-To-Sample Training // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. V. 84. № 2. P. 147-165.
- Güntürkün O., Bugnyar T. 2016. Cognition without cortex // Trends in cognitive sciences. V. 20. №. 4. P. 291-303.
- Jarvis E. D., Güntürkün O., Bruce L., Csillag A., Karten H. et al. 2005. Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution // Nature Reviews Neuroscience. V. 6. № 2. P. 151-159.
- Lionello-DeNolf K.M., Urcuioli P.J. 2002. Stimulus control topographies and tests of symmetry in pigeons // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. V. 78. № 3. P. 467-495.
- Medam, T., Marzouki, Y., Montant, M., Fagot, J. 2016. Categorization does not promote symmetry in Guinea baboons (*Papio papio*) // Animal cognition. V. 19. № 5. P. 987-998.
- Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R.K., Porteš M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Němec P. 2016. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // Proceedings of the National Academy of Sciences. V. 113. № 26. P. 7255-7260.
- Pepperberg I.M. 1987. Evidence for conceptual quantitative abilities in the African grey parrot: Labeling of cardinal sets // Ethology. V. 75. №. 1. P. 37-61.
- Pepperberg I. M. 1994. Numerical competence in an African gray parrot (*Psittacus erithacus*). // Journal of Comparative Psychology. V. 108(1). № 36.
- Pepperberg I.M. 2006. Ordinality and inferential abilities of a grey parrot (*Psittacus erithacus*) // Journal of Comparative Psychology. V. 120. №. 3. P. 205-216.
- Pepperberg I.M. 2013. Abstract concepts: data from a grey parrot // Behavioural processes. V. 93. P. 82-90.
- Pepperberg, I.M., Gordon, J.D. 2005. Number comprehension by a Grey parrot (*Psittacus erithacus*), including a zero-like concept // Journal of Comparative Psychology. V. 119. № 2. P. 197-209.
- Reiner A., Perkel D.J., Bruce L.L., Butler A.B. et al. 2004. Revised nomenclature for avian telencephalon and some related brainstem nuclei // Journal Comparative Neurology. V. 473. № 3. P. 377-414.
- Schusterman R. J., Kastak D. A. 1993. California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations // The Psychological Record. V. 43. №. 4. P. 823-839.
- Sidman M., Rauzin R., Lazar R., Cunningham S., Tailby W., Carrigan P. 1982. A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. V. 37. № 1. P. 23-44.
- Sidman M., Tailby W. 1982. Conditional discrimination vs. matching to sample: an expansion of the testing paradigm // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. V. 37. № 1. P. 5-22.
- Sidman M., Wynne C.K., Maguire R.W., Barnes T. 1989. Functional classes and equivalence relations // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. V. 52. № 3. P. 261-274.

- Soares Filho P.S.D., e Silva Á.J.M., Velasco S.M., Barros R.S., Tomanari G.Y.* 2016. Assessing symmetry by comparing the acquisition of symmetric and nonsymmetric conditional relations in a capuchin monkey // *International Journal of Psychological Research*. V. 9. № 2. P. 30-39.
- Tomanari G.Y., Sidman M., Rubio A.R., Dube W.V.* 2006. Equivalence Classes with Requirements for Short Response Latencies // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 85. № 3. P. 349-369.
- Tomonaga M., Matsuzawa T., Fujita K., Yamamoto J.H.* 1991. Emergence of symmetry in a visual conditional discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Psychological Reports*. V. 68. № 1. P. 51-60.
- Urcuioli P.J.* 2008. Associative symmetry, antisymmetry, and a theory of pigeons'equivalence-class formation // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 90. №. 3. P. 257-282.
- Urcuioli P.J.* 2011. Emergent identity matching after successive matching training, I: reflexivity or generalized identity? // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 96. № 3. P. 329-341.
- Urcuioli P.J., Swisher M.* 2012. Emergent Identity Matching after Successive Matching Training. II: Reflexivity or Transitivity // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 97. № 1. P. 5-27.
- Urcuioli P.J., Swisher M.* 2015. Transitive and anti-transitive emergent relations in pigeons: Support for a theory of stimulus-class formation // *Behavioural processes*. V. 112. P. 49-60.
- Zentall T.R., Wasserman E.A., Urcuioli P.J.* 2014. Associative concept learning in animals // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 101. № 1. P. 130-151.

## **THE STUDY OF THE SIGNS LEARNING PROCESS IN HOODED CROWS**

**M.V. Samuleeva, A.A. Smirnova**

Lomonosov Moscow State University, Moscow

The study of symbolization or sign-reference equivalence in animals makes an input in research of biological background of origin of the human language. In order to find out factors influencing the developing of sign-referent equivalence we taught experimentally naive hooded crows to use signs for denoting the concepts of "similarities" and "differences". One of four crows successfully learned a matching-to-sample task with letters «S» and «V» as samples and images of same-sized and different-sized figures as comparisons (A→B task). Tests with new comparison (images of figures with the same or different forms and sizes) argued that the crow did not learn certain stimuli used in training. Instead, they learned concepts of "similarities" and "differences". The crow successfully passed the symmetry test (B→A), which is unusual for an animal. The bird successfully passed the reflexivity test (A→A, B→B) as well. For the first time, experimental findings argue that symmetry and reflexivity between sign and reference can emerge

spontaneously. Our results suggest that (1) type of referent is crucial for developing the proper equivalence and (2) symmetry facilitates the appearance of reflexivity.

**Keywords:** *equivalence, symmetry, reflexivity, matching to sample, hooded crows.*

*Об авторах:*

САМУЛЕЕВА Мария Владимировна – аспирантка биологического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, e-mail: samuleeva@gmail.com.

СМИРНОВА Анна Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, e-mail: annsmirn1@gmail.com.

Самулеева М.В. Исследование процесса усвоения знаков у серых ворон / М.В. Самулеева, А.А. Смирнова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2019. № 1(53). С. 203-217.