



# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ЗНАКОМ И ОБОЗНАЧАЕМЫМ У ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

**САМУЛЕЕВА М.В.**\*, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
e-mail: samuleeva@gmail.com

**СМИРНОВА А.А.**\*\* , МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
e-mail: annsmirn1@gmail.com

**ЗОРИНА З.А.**\*\*\*, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,  
e-mail: zoयazorina17@gmail.com

Использование языка человеком связано со способностью к символизации, т. е. установлению эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым (референтом). В данной работе рассмотрены различные методики, позволяющие анализировать процесс формирования эквивалентных отношений. С этой целью субъекта обучают выбору по условному соответствию образцу: например, подкрепляют выбор стимула В по образцу А. Затем в тесте оценивают возможность спонтанного появления новых отношений: например, между В в роли образца и А в роли стимула для выбора (отношение симметричности). Испытуемые-люди, в отличие от животных, с таким тестом обычно справляются, что, вероятно, обусловлено многократной демонстрацией свойства симметричности между знаком и его референтом в ходе усвоения и использования языка. В статье рассмотрены особенности методик, при помощи которых исследуют механизмы формирования симметричности у человека и животных, и обсуждаются факторы, влияющие на возникновение этого определяющего свойства эквивалентных отношений.

**Ключевые слова:** эквивалентность, симметричность отношений, понятия, выбор по образцу, знак, референт.

Способность к символизации, т. е. установлению эквивалентных отношений между знаком и референтом (обозначаемым), является одним из необходимых когнитивных компонентов языка человека (Zentall, 2018; Pepperberg, 2006; Carr, Felce, 2000). В языке слово и его референт эквивалентны (Carr, Felce, 2000; Sidman et al., 1989; Zentall et al., 2014).

К настоящему времени многочисленными исследованиями показано, что животные с высокоорганизованным мозгом способны выполнять основные операции мышления (обоб-

## Для цитаты:

Самулеева М.В., Смирнова А.А., Зорина З.А. Методы исследования механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у человека и животных // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. №. 4. С. 91—105. doi:10.17759/exppsy.2019120408

\* Самулеева М.В. Аспирант, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: samuleeva@gmail.com

\*\* Смирнова А.А. Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: annsmirn1@gmail.com

\*\*\* Зорина З.А. Доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией физиологии и генетики поведения, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: zoयazorina17@gmail.com



щение и абстрагирование, сравнение, основанное на оценке сходства и различия; анализ и синтез), оперировать понятиями и использовать знаки-символы для их обозначения (Lazareva, 2008; Zentall, 2008). Способность к символизации обнаружена у человекообразных обезьян в ходе проектов по обучению их языкам-посредникам (Зорина, Смирнова, 2006; Pepperberg, 2017), а также экспериментов, в которых оценивали способность животных связывать понятие о числе с символами-цифрами (Смирнова, 2011; Boysen, Hallberg, 2000; Matsuzawa, 2003; Rumbaugh et al., 2000).

Эквивалентные отношения (Sidman, Tailby, 1982; Sidman et al., 1982) обладают 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:  $\{xRy \text{ и } yRz\} \rightarrow xRz$ ).

Для изучения механизмов формирования эквивалентных отношений субъекта (человека или животное) обучают выбору по условному соответствию образцу (Смирнова и др., 2016): например, подкрепляют выбор стимула B по образцу A (далее A-B) и стимула D по образцу C (далее C-D). Затем в тесте оценивают возможность спонтанного появления новых отношений: например, между A в роли образца и A в роли стимула для выбора (отношение рефлексивности), между B в роли образца и A в роли стимула для выбора (отношение симметричности B-A) и между A и C (отношение транзитивности, если образец A; и отношения транзитивности и симметричности, если образец C).

Накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что испытуемые-люди гораздо успешнее животных справляются с тестами на понимание отдельных свойств эквивалентных отношений — особенно свойства симметричности. Например, в одном из первых подобных исследований испытуемых обучали выбору по условному соответствию образцу (A-B) с двумя парами «образец—стимул для выбора» и выбору по сходству с образцом с этими же четырьмя изображениями (A-A). Обучение выбору по сходству с образцом (A-A), иногда включаемое в процесс предварительного обучения в подобных исследованиях, должно положительно влиять на результаты теста на симметричность отношений, поскольку эта задача теоретически является демонстрацией двух свойств эквивалентных отношений — отношений рефлексивности и симметричности (так как один и тот же стимул используют и в качестве образца, и в качестве стимула для выбора). С последующим тестом на понимание симметричности отношений (B-A) справились четверо из шести детей дошкольного возраста, но не макаки-резусы и не павианы (Sidman et al., 1982).

Надо отметить, что даже у людей при решении подобных задач часто выявляются значительные индивидуальные различия. Например, лишь трое из пяти молодых людей в возрасте 19–32 лет справились с тестами на понимание симметричности и транзитивности (B-C, C-B, B-A, C-A; Tomanari et al., 2006) после обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя парами A-B и четырьмя парами A-C.

Есть данные, свидетельствующие о том, что дети с нарушениями речевого развития с тестами на понимание отдельных свойств эквивалентных отношений обычно не справляются. Например, с тестами на транзитивность (B-C, C-B, E-F и F-E) после обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя парами «образец—стимул для выбора» (A-B, A-C, D-F, D-E) не справились дети в возрасте 31–52 месяцев с нарушениями речевого развития, в отличие от нормально развивающихся детей (14–36 месяцев), а также в отли-



чие от детей без нарушения развития речи (32–52 месяца), но с задержкой развития других когнитивных функций (Devany et al., 1986).

Подобные данные легли в основу гипотезы о том, что без владения языком спонтанное понимание отдельных свойств эквивалентных отношений вообще невозможно (Carp, Petursdottir, 2015; Horne et al., 2006; Horne et al., 2004; Lowe et al., 2002). Доводом в пользу такого представления служит тот факт, что в процессе усвоения языка детям многократно демонстрируют все три свойства эквивалентных отношений. Вероятно, именно поэтому в условиях эксперимента испытуемые-люди склонны считать стимулы, связанные историей подкрепления, эквивалентными даже в том случае, если в ходе обучения им демонстрируют одно из свойств эквивалентных отношений или его часть.

Этой гипотезе противоречат данные о спонтанном понимании отдельных свойств эквивалентных отношений еще не начавшими говорить детьми в возрасте 11–12 месяцев (Quezada Velázquez et al., 2018). В этом исследовании пятерых детей обучали выбору по условному соответствию образцу А-В и В-С с шестью игрушками (А1, А2, В1, В2, С1 и С2). Обучение включало два этапа. На первом этапе детям демонстрировали соответствие двух пар игрушек друг другу: ребенку показывали игрушку-образец (А1 или А2) и соответствующую ему игрушку-стимул для выбора (В1 или В2) со словами: «Смотри, эта игрушка — вместе с этой». На следующем этапе ребенка обучали методом проб и ошибок: показывали один из двух образцов (А1 или А2) со словами «Посмотри, что у меня» и два стимула для выбора (В1 и В2) и спрашивали: «Какая подходит?». За правильный выбор ребенка хвалили, показывали обе игрушки вместе и включали песенку. В случае неправильного выбора экспериментатор покачивал головой, показывал ребенку образец вместе с правильным стимулом со словами: «Смотри, вот эта подходит». Обучение с двумя парами «образец—стимул для выбора» (А1-В1; А2-В2) продолжали до тех пор, пока ребенок не достигал критерия обученности — 75% правильных выборов в 32 пробах подряд. После этого провели тесты на понимание рефлексивности (А1-А1, А2-А2, В1-В1, В2-В2) и симметричности (В1-А1, В2-А2), с которыми дети справились (видеозаписи обучающих и тестовых сессий просматривали два независимых наблюдателя, которые контролировали возможность неосознанных подсказок экспериментатора). Затем этих же детей обучили соответствию между еще двумя образцами (В) и двумя стимулами для выбора (С): В1-С1 и В2-С2. После такого обучения дети справились не только с тестами на рефлексивность (С1-С1, С2-С2) и симметричность (С1-В1, С2-В2), но и с тестами на транзитивность (А1-С1, А2-С2, С1-А1, С2-А2). Надо отметить, что несмотря на то, что дети, участвовавшие в этом эксперименте, еще не начали говорить, они росли в языковой среде, и, следовательно, им многократно демонстрировали все три свойства эквивалентных отношений. Таким образом, эти результаты не опровергают необходимости многократных демонстраций отдельных свойств эквивалентных отношений для их понимания в новой ситуации.

Животные не имеют подобного предварительного опыта, что позволяет в экспериментах с ними изолировать и исследовать отдельные составляющие процесса формирования эквивалентных отношений, а также прояснить условия, необходимые для их формирования.

К настоящему времени накоплено большое количество данных о том, что антропоиды способны научиться использовать знаки для обозначения предметов, явлений или понятий и формировать между знаками и их референтами истинно эквивалентные отношения (например: Зорина, Смирнова, 2006; Pepperberg, 2017). Однако с тестами на понимание симметричности — определяющего свойства эквивалентных отношений — они обычно не справляются.



Например, шимпанзе Лана не проявляла спонтанного понимания симметричности отношений при обучении значению лексиграммы: после того, как ее научили выбору лексиграммы по образцу-объекту (А-В; десятки пар объект-лексиграмма), выбору объекта по образцу-лексиграмме ее вновь приходилось обучать (В-А, Savage-Rumbaugh, 1981). Позже, после параллельного обучения выбору по условному соответствию образцу (А-В; две пары «образец—стимул для выбора») и выбору по сходству с образцом с этими же изображениями (А-А, В-В; Dugdale, Lowe, 2000), с ней был проведен классический тест на понимание симметричности отношений (В-А), с которым Лана не справилась. Таким образом, ни приобретенный при усвоении значения лексиграммы опыт использования симметричных отношений, ни обучение выбору по сходству с образцом не помогли Лане справиться с тестом.

Другая шимпанзе — Аи — все же справлялась с тестами на понимание симметричности В-А с новыми стимулами, но только после того, как ее обучали выбору по условному соответствию образцу (А-В и В-А) на нескольких других похожих парах «образец—стимул для выбора» (Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995). В то же время, если ее обучали выбору по условному соответствию образцу только с прямым порядком стимулов (А-В; на девяти парах «образец—стимул для выбора») и, параллельно, выбору по сходству с образцом со всеми этими стимулами, то результат теста на симметричность был отрицательным (Yamamoto, Asano, 1995). Таким образом, обучение выбору по сходству с образцом, которое считают демонстрацией отношений симметричности и рефлексивности, тем не менее не оказало положительного влияния на результаты теста на симметричность ни у Аи, ни у Ланы. У Аи на результат теста положительно влияло предварительное обучение симметричным отношениям на других похожих парах «образец—стимул для выбора».

Еще один эксперимент, проведенный с Аи несколькими годами позже (Biro, Matsuzawa, 2001), показал, что полученный ранее опыт не достаточен для понимания симметричности отношений между стимулами нового типа. Аи, к тому времени уже обученную выбирать цифры от 1 до 9 в ответ на предъявление соответствующих множеств (Matsuzawa 1985; Mugofushi, 1997), обучали значению знака «ноль»: после того, как шимпанзе научили выбирать «ноль» по пустому множеству (А-В), выбору пустого множества по образцу «ноль» (В-А) ее потребовалось обучать заново (Biro, Matsuzawa, 2001).

Редкий пример спонтанного понимания симметричных отношений у животных продемонстрировала шимпанзе Хлоя (Tomonaga et al, 1991). Исходно трех шимпанзе обучали выбору по условному соответствию образцу с двумя парами «образец—стимул для выбора» (если образцом был красный прямоугольник, подкрепляли выбор креста, а если зеленый — выбор круга) и выбору по сходству с образцом с этими же стимулами (если образцом был крест, то выбор креста и т. д.). После завершения обучения провели тест на понимание симметричности отношений, с которым одна из них (Хлоя) справилась. Положительный результат теста на симметричность у Хлои был обусловлен либо предварительным обучением выбору по сходству с образцом, либо применением особого методического приема, отличающего использованную в данной работе процедуру от классической и призванного помочь животному абстрагироваться от влияния пространственных характеристик образца и стимулов для выбора. Месторасположение образцов и стимулов для выбора не были жестко закреплены: образец демонстрировали в одной из четырех возможных позиций вдоль верхнего края экрана, а стимулы для выбора — в двух позициях из восьми возможных в нижней половине экрана.

Эту же идею применяют при исследовании формирования отношений эквивалентности у голубей (Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, 2008; Urcuioli, Swisher, 2015): образец



и стимул для выбора последовательно демонстрируют в одном и том же окне экрана, тем самым нивелируя влияние расположения стимулов. Если стимул для выбора соответствует образцу, то его выбор (т. е. клевок по нему) подкрепляют пищей. В подобных экспериментах обычно фиксируют частоту клевков, совершенных по «правильному» и «неправильному» стимулам для выбора: в начале обучения она приблизительно одинакова, но затем число клевков по «неправильным» стимулам уменьшается. С помощью этой процедуры, получившей название «go/по go», при использовании дополнительных методических приемов (например, одновременном обучении выбору по сходству с образцом) у голубей (например: Frank, Wasserman, 2005; Urcioli, 2008; Swisher, Urcioli, 2015), но не у крыс (Prichard et al., 2015), удалось добиться положительного результата в тесте на симметричность. На основе этих и аналогичных данных было предложено описание механизма формирования эквивалентных отношений между классами стимулов у голубей (theory of pigeons' equivalence class formation; Urcioli, 2008). Необходимо отметить, что голуби — птицы с примитивно организованным мозгом (Зорина, Смирнова, 2018; Olkowitz et al., 2016) — могут справляться с подобными тестами за счет особых механизмов, поэтому подобная теория вряд ли является универсальной.

Как было отмечено выше, обучение выбору по сходству с образцом может быть демонстрацией двух свойств эквивалентных отношений — рефлексивности и симметричности. Подобное обучение не оказало положительного влияния на результат теста на симметричность у Ланы и Аи, но могло быть одной из причин положительного результата теста у Хлои. Есть и другие свидетельства положительного влияния обучения выбору по сходству с образцом на результат теста на понимание симметричности отношений.

Трех капуцинов (Santos et al, 2003, цит. по: Lionello-DeNolf, 2009) обучали выбору по условному соответствию образцу (А-В) и выбору по сходству с образцом (А-А и В-В). Один из них после этого справился с тестом на понимание симметричности отношений (В-А). Однако эта же обезьяна не справилась с тестом на симметричность с другими стимулами (С-В), который провели после того, как ее обучили только выбору по условному соответствию образцу (В-С). Однако эти данные опубликованы только в виде тезисов, что не позволяет в достаточной степени понять и оценить использованную авторами методику.

О том, что опыт выбора по сходству с образцом может оказывать положительное влияние на результат теста на симметричность, говорят и данные, полученные на самке морского льва Рио (Schusterman, Kastak, 1993).

В первом эксперименте (Schusterman, Kastak, 1993) Рио обучили выбору по условному соответствию образцу с тридцатью парами «образец—стимул для выбора» (т. е. А1-В1, А2-В2... А30-В30), а затем провели тест на понимание симметричности отношений с шестью из этих тридцати пар (В1-А1 ..., В6-А6). Поскольку правильный выбор в этом и всех последующих тестах подкрепляли, для того чтобы минимизировать влияние обучения, каждую из этих пар использовали только четыре раза (всего 24 тестовые пробы). Результат теста с каждой конкретной парой «образец—стимул для выбора» считали положительным, если был положительным результат первой пробы и если животное суммарно совершало не менее трех правильных выборов в четырех пробах с этой парой. Работу начали с двумя животными, но второй морской лев (Рокки) не справился с первым этапом обучения. У Рио положительный результат в тесте на симметричность был получен для трех пар В-А из шести. Тем самым она продемонстрировала спонтанное (без обучения на других парах стимулах) понимание симметричности отношений. Далее Рио обучили выбору по условно-



му соответствию образцу (А-В) с этими шестью парами «образец—стимул для выбора», после чего провели второй тест на понимание симметричности отношений с другими шестью парами (В7-А7 ..., В12-А12). Во втором тесте положительный результат был получен уже с пятью парами «образец—стимул для выбора» из шести.

Второй эксперимент был полностью аналогичен первому: Рио обучили выбору по условному соответствию образцу с тридцатью парами В-С, а затем провели два теста на понимание симметричности отношений. В отличие от предыдущего эксперимента, уже в первом тесте на симметричность положительный результат был получен в пяти парах С-В из шести (такой же результат был получен и во втором тесте со следующими шестью парами «образец—стимул для выбора»). Полученные результаты демонстрируют положительное влияние на результат теста на симметричность двух факторов: опыта выбора по сходству с образцом (вероятно, повлиял на результат первого теста) и обучения выбору по условному соответствию образцу с обратным (В-А) порядком стимулов в подкрепляемых тестовых пробах (повлияло на результаты следующих тестов).

В языке референтом слова обычно является не отдельный объект, а понятие, т. е. обобщенное представление о классе объектов. Если при обучении животных выбору по условному соответствию образцу используют лишь несколько пар «образец—стимул для выбора», то референтом знака-образца является конкретный стимул, и это может способствовать формированию у них однонаправленных правил выбора «если ..., то ...». Если эквивалентность формируется между знаком и классом объектов, то любой новый объект — представитель данного класса будет эквивалентен знаку (Sidman, Tailbi, 1982; Medam et. al., 2016; Kastak et al., 2001).

Попытка оценки влияния типа референта на успешность теста на симметричность отношений была предпринята в работе с павианами (Medam et. al., 2016). В первом эксперименте животных обучали выбирать цифру «1» в ответ на демонстрацию одного из 60 возможных изображений мишек и выбирать цифру «2» в ответ на предъявление одного из 60 возможных изображений машинок (В-А). Обучение проводили поэтапно: на первом этапе в качестве образцов использовали по два изображения машинок и мишек; на втором этапе — уже по десять; на третьем — по тридцать; на четвертом — по шестьдесят, т. е. все 120 изображений. Для достижения критерия обученности (не менее 80% правильных выборов для 60 проб каждого типа в сессии, состоящей из 240 предъявлений) на первом этапе обучения обезьянам потребовалось более 8000 проб, на втором и третьем — около 2500, а на четвертом — более 3000. Несмотря на то, что для достижения критерия обученности на втором и последующих этапах павианам требовались тысячи проб, уже в первых пробах с новыми стимулами результаты выбора достоверно превышали случайный уровень. По мнению авторов, это может свидетельствовать о том, что в ходе первого этапа павианы обобщили признаки двух использованных типов изображений (машинок и мишек) и связали знаки не с конкретными изображениями, а с соответствующими понятиями. Параллельно с обучением выбору по условному соответствию образцу В-А павианов обучали симметричным отношениям А-В на двух конкретных парах «цифра—картинка» (А1-В1; А2-В2): подкрепляли выбор одного конкретного изображения мишки, если образцом была цифра «1», и одного конкретного изображения машинки, если образцом была цифра «2». На каждом этапе обучения число проб обоих типов (разных пар В-А и двух пар А-В) было одинаковым. После завершения обучения провели тест на понимание симметричности отношений (А-В), в котором в качестве образцов использовали цифры, а в качестве стимулов для вы-



бора — 118 изображений машинок и мишек (всего 118 тестовых проб). В этом тесте у одного из 12 павианов доля правильных выборов в тестовых пробах достоверно превышала случайный уровень (61,86%;  $p < 0,01$ ).

Второй эксперимент отличался от первого тем, что животных обучали выбирать не знаки по образцам-изображениям игрушек (В-А), а изображения (60 изображений цветков и 60 изображений домиков) по образцам-знакам (символам «слеш» и «квадратная скобка»; А-В). Параллельно павианов обучали симметричным отношениям В-А на двух конкретных парах «картинка—знак» (В1-А1; В2-А2). В тесте на понимание симметричности отношений положительный результат был получен у двух из пяти павианов (доля правильных выборов в тестовых пробах — 61,86 и 64,41;  $p < 0,05$ ). Следует отметить, что в тестовых пробах подкрепляли правильный и не подкрепляли неправильный выбор, что делало возможным обучение в ходе самого теста.

Таким образом, положительный результат теста на понимание симметричности отношений у трех павианов может быть обусловлен либо влиянием типа референта, либо влиянием обучения симметричным отношениям на двух парах «образец—стимул для выбора», либо обучением в ходе теста.

Предположение, что тип референта влияет на формирование симметричных отношений, подтверждают данные, полученные на жако Алексе (Pepperberg, 1987; Pepperberg, 1994). Его обучали называть слово-числительное, соответствующее числу предъявляемых объектов (В-А). В последующих тестах на перенос навыка на новые стимулы он успешно отвечал на вопросы о числе предметов в новых наборах. Таким образом, попугай связал знаки не с конкретными наборами объектов, а с понятиями о соответствующих числах. После этого Алекс справился с тестом на понимание симметричности отношений (А-В), в котором оценивали его способность выбирать множество, число элементов в котором соответствовало называемому экспериментатором устному числительному (Pepperberg, Gordon, 2005). Необходимо отметить, что кроме типа референта на результат теста на симметричность мог положительно повлиять предшествующий опыт Алекса. Он усвоил значения десятков слов для обозначения многих других объектов и понятий (например, название категории «цвет» и семи конкретных цветов; название категории «форма» и пяти конкретных форм и т. д.), причем не только успешно называл демонстрируемый ему объект (В-А), но и сообщал информацию о тех или иных признаках предъявляемых ему наборов объектов (например, отвечал на вопрос «Какого цвета Z?» или «Из какого материала X?» (Pepperberg, 2018), т. е. понимал значение слов (А-В).

Роль типа референта в формировании симметричных отношений между знаком и обозначаемым подтверждает серия экспериментов, проведенных нами на серых воронах.

Так, с тестом на симметричность (В-А) справилась серая ворона, у которой ранее было сформировано обобщенное (применимое к новым стимулам) правило выбора по сходству с образцом (А-А; В-В; Смирнова и др., 2013). Эту птицу обучили выбирать стимул с изображениями двух одинаковых по размеру и форме фигур, если образцом был знак «S», и стимул с изображениями двух разных по размеру фигур, если образцом был знак «V» (при обучении использовали по 6 стимулов каждого типа: А-В1, А-В2 ... А-В6; Смирнова и др., 2016). После завершения обучения с 12 стимулами для выбора провели тесты на перенос правила выбора на новые стимулы. Ворона успешно выбирала новые изображения одинаковых или различающихся (как по знакомому признаку «размер», так и по новому признаку «форма») пар фигур, что свидетельствует о том, что референтами знаков «S» и «V» стали



понятия «сходство» и «различие». После дополнительного обучения выбору по условному соответствию образцу со всеми 48 использованными стимулами провели тест на понимание симметричности отношений (В-А), с которым эта птица справилась (83,3%;  $p < 0,0001$ ). Необходимо отметить, что тест был организован таким образом, чтобы исключить возможность обучения в ходе самого тестирования: образец и стимулы для выбора меняли местами только в каждой четвертой пробе и корм в таких пробах помещали в обе кормушки (т. е. подкрепляли любой выбор птицы). Таким образом, положительный результат теста на понимание симметричности отношений был обусловлен либо типом референта (понятием), либо полученным ранее опытом выбора по сходству с образцом с другими стимулами.

Для уточнения роли этих двух факторов далее были проведены два аналогичных эксперимента с воронами, не имевшими опыта выбора по сходству с образцом. Эти два эксперимента отличались друг от друга лишь моментом проведения теста на понимание симметричности отношений и числом таких тестов (Самулеева, Смирнова, 2019а; Самулеева, Смирнова, 2019b).

Первый эксперимент включал три теста на понимание симметричности отношений: первый провели после завершения обучения с двумя стимулами для выбора (кругами одинакового или разного размера); второй — после завершения обучения с 12 стимулами, а третий — после тестов на перенос правила выбора на новые стимулы и дополнительного обучения со всеми 48 использованными стимулами. У двух из четырех ворон, которых удалось обучить выбору по условному соответствию образцу, результаты первого теста на понимание симметричности отношений были отрицательными (43,8% и 54,2%;  $p > 0,05$ ), а третьего — положительными (66,7%;  $p < 0,05$  и 79,2%;  $p < 0,001$ ). На положительный результат третьего теста могла повлиять либо демонстрация возможности таких отношений в ходе первого и второго тестов, либо тип референта — к моменту его проведения им были понятия «сходство» и «различие».

Во втором эксперименте тест на симметричность был единственным (момент его проведения соответствовал третьему тесту в предыдущем эксперименте). Единственная ворона из четырех, которую удалось обучить выбору по условному соответствию образцу, с этим тестом справилась (95,8%;  $p < 0,0001$ ). Тот факт, что в обоих экспериментах птицы, не имевшие опыта выбора по сходству с образцом, справились с тестом на симметричность только тогда, когда референтом знаков стали понятия, подтверждает предположение о положительном влиянии типа референта на понимание симметричности отношений.

Кроме всего вышеупомянутого, есть данные, свидетельствующие о том, что само обучение выбору по условному соответствию образцу все же может закладывать предпосылку для формирования симметричных отношений между использованными стимулами. Капуцины, обученные выбору по условному соответствию образцу (А1-В1 и А2-В2), быстрее обучаются выбору по условному соответствию образцу в пробах с обратным и симметричным порядком стимулов (В1-А1, В2-А2), чем в «антисимметричных» пробах (В1-А2, В2-А1) (Picanço, Barros, 2015; Soares Filho et al., 2016). Например, капуцину для обучения выбору с обратным, но симметричным порядком предъявления стимулов (В1-А1 и В2-А2) потребовалось 480 проб, а выбору с обратным, но «антисимметричным» порядком — около 1300 проб (Soares Filho et al., 2016). В другой работе (Picanço, Barros, 2015) два капуцина успешно обучились выбору с обратным, но симметричным порядком предъявления стимулов (В1-А1 и В2-А2) за 2000 и 2840 проб соответственно; тогда как выбору с обратным, но «антисимметричным» порядком они так и не обучились.



## Заключение

Изучение способности животных понимать симметричность эквивалентных отношений между знаком и референтом актуально как один из способов исследования эволюционных истоков речи человека.

Изучение этого вопроса началось с работы, в которой было показано, что с тестом на симметричность отношений макаки-резусы и павианы, в отличие от людей, не справились (Sidman et al., 1982). Последующие эксперименты показали, что при определенных условиях животные все же могут справиться с этим тестом. Эти условия так или иначе дают животным подобие того опыта, который люди приобретают в ходе усвоения и использования языка и который, по всей видимости, и обуславливает их успех в тесте на понимание симметричности отношений.

На понимание симметричности отношений в новых парах образец—стимул для выбора» явно влияет обучение таким отношениям на других похожих парах. Только этот фактор мог повлиять на положительный результат теста на симметричность у шимпанзе Аи (Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995). Подобный опыт был у павианов (Medam et. al., 2016) и попугая Алекса (Pepperberg, 2018, Pepperberg, Gordon, 2005), однако на положительный результат теста в двух этих исследованиях могли повлиять и другие факторы: павианы могли обучиться возможности симметричных отношений с конкретными парами стимулов в ходе теста (так как правильный выбор в тестовых пробах подкрепляли); кроме того, и у павианов, и, особенно, у Алекса референтом знаков были не отдельные стимулы, а понятия. С другой стороны, шимпанзе Лана в ходе обучения значению лексиграмм и их использования приобрела обширный опыт применения симметричных отношений (Savage-Rumbaugh, 1981), но это не помогло ей справиться с тестом на понимание симметричности отношений с новыми стимулами (Dugdale, Lowe, 2000).

Обучение выбору по сходству с образцом часто выделяют в качестве отдельного фактора, влияющего на понимание симметричности отношений. Однако если каждое изображение оказывается то в роли образца, то в роли стимула для выбора, то подкрепление правильного выбора напрямую обучает животное симметричным отношениям. Кроме того, если в результате длительного обучения у животного удастся сформировать обобщенное правило выбора по сходству с образцом, применимое к любым новым стимулам, то это доказывает формирование у животного еще одного свойства эквивалентных отношений — рефлексивности. По-видимому, именно опыт обучения выбору по сходству с образцом обусловил положительный результат теста на симметричность у шимпанзе Хлои (Tomonaga et al, 1991). Обобщенному правилу выбора по сходству с образцом была обучена справившаяся с этим тестом серая ворона (Смирнова и др., 2013); однако на положительный результат теста у нее мог оказать влияние также тип референта (понятие). С другой стороны, опыт выбора по сходству с образцом не помог справиться с тестом на понимание симметричности шимпанзе Аи и Лане (Yamamoto, Asano, 1995; Dugdale, Lowe, 2000).

Наименее изучено влияние на формирование симметричности отношений типа референта. Это во многом связано с трудоемкостью обучения, которое может привести к формированию понятий у животных. Вероятно, этот фактор оказал влияние на положительный результат теста у павианов (Medam et. al., 2016) и жако Алекса (Pepperberg, 2018, Pepperberg, Gordon, 2005), однако на положительный результат теста в двух этих исследованиях могли повлиять и другие факторы. Таким образом, первым строгим доказательством того, что тип референта действительно влияет на понимание симметричности отношений, стали результаты проведенных нами трех экспериментов с серыми воронами



(Смирнова и др., 2013; Самулеева, Смирнова, 2019а; Самулеева, Смирнова, 2019б). Если в первых двух из них на положительный результат теста кроме типа референта могла повлиять демонстрация возможности симметричных отношений (в ходе предшествующего обучения выбору по сходству с образцом в первом или в ходе первых тестов на симметричность во втором), то в третьем эксперименте положительный результат теста мог быть обусловлен только типом референта, которым к моменту его проведения стали понятия «сходство» и «отличие».

Таким образом, связывание знака с понятиями и предшествующие этому операции мышления обобщения и формирования понятий являются важнейшей частью опыта, делающего возможным усвоение языка у человека.

---

#### Финансирование

Исследование поддержано грантом фонда РФФ № 19-18-00477.

#### Литература

1. Зорина З.А., Смирнова А.А. Современные представления о когнитивных способностях врановых птиц // Орнитология: история, традиции, проблемы и перспективы: Материалы Всерос. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения проф. Г.П. Дементьева. М, 2018. С. 157–163.
2. Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали «говорящие» обезьяны. М.: Языки славянских культур. 2006. 424 с.
3. <sup>a</sup>Самулеева М.В., Смирнова А.А. Изучение особенностей процесса символизации у серых ворон // Журнал высшей нервной деятельности. Т. 69. № 4. С. 505–513.
4. <sup>b</sup>Самулеева М.В., Смирнова А.А. Исследование процесса усвоения знаков у серых ворон // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2019. № 1(53). С. 203–217.
5. Смирнова А.А. О способности птиц к символизации // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 7. С. 803–810.
6. Смирнова А.А., Обозова Т.А., Самулеева М.В., Зорина З.А. Способность к символизации у птиц (врановые и попугаи): усвоение символов для обозначения признаков «сходство» и «различие» // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2013 г. / Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: Буки Веди, 2013. С. 267–271.
7. Смирнова А.А., Самулеева М.В., Зорина З.А. Методика выбора по образцу как подход к исследованию механизмов символизации у серых ворон // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований. Интеграция академической и университетской науки / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. М.: Институт психологии РАН, 2016. С. 415–418.
8. Biro D., Matsuzawa T. Use of numerical symbols by the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Cardinals, ordinals, and the introduction of zero // *Animal Cognition*. 2001. Vol. 4. № 3–4. P. 193–199.
9. Boysen S.T., Hallberg K.I. Primate numerical competence: Contributions toward understanding nonhuman cognition // *Cognitive Science*. 2000. Vol. 24. P. 423–443.
10. Carp C.L., Petursdottir A.I. Intraverbal naming and equivalence class formation in children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2015. Vol. 104. № 3. P. 223–240.
11. Carr D., Felce D. Application of stimulus equivalence to language intervention for individuals with severe linguistic disabilities // *Journal of Intellectual and Developmental Disability*. 2000. Vol. 25. № 3. P. 181–205.
12. Devany J.M., Hayes S.C., Nelson R.O. Equivalence class formation in language able and language disabled children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1986. Vol. 46. № 3. P. 243–257.
13. Dugdale N., Lowe C.F. Testing for symmetry in the conditional discriminations of language trained chimpanzees // *Journal of the experimental analysis of behavior*. 2000. Vol. 73. № 1. P. 5–22.
14. Frank A.J., Wasserman E.A. Associative Symmetry In The Pigeon After Successive Matching-To-Sample Training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2005. Vol. 84. № 2. P. 147–165.



15. *Horne P.J., Hughes J.C., Lowe C.F.* Naming and categorization in young children: IV: Listener behavior training and transfer of function // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2006. Vol. 85. № 2. P. 247–273.
16. *Horne P.J., Lowe C.F., Randle V.R.L.* Naming and categorization in young children: II. Listener behavior training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2004. Vol. 81. № 3. P. 267–288.
17. *Kastak C.R., Schusterman R.J., Kastak D.* Equivalence classification by California sea lions using class specific reinforcers // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2001. Vol. 76. № 2. P. 131–158.
18. *Kojima T.* Generalization between productive use and receptive discrimination of names in an artificial visual language by a chimpanzee // *International Journal of Primatology*. 1984. Vol. 5. № 2. P. 161–182.
19. *Lazareva O. F.* Categories and concepts in animals // *Learning Theory and Behavior*. 2008. Vol. 1. P. 197–226.
20. *Lionello-DeNolf K.M.* The search for symmetry: 25 years in review // *Learning Behavior*. 2009. Vol. 37. № 2. P. 188–203.
21. *Lowe C.F., Horne P.J., Harris F.D., Randle V.R.* Naming and categorization in young children: Vocal tact training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2002. Vol. 78. № 3. P. 527–549.
22. *Matsuzawa T.* The Ai project: historical and ecological contexts // *Animal Cognition*. 2003. Vol. 6. № 4. P. 199–211.
23. *Matsuzawa T.* Use of numbers by a chimpanzee // *Nature*. 1985. Vol. 315. P. 57–59.
24. *Murofushi K.* Numerical matching behavior by a chimpanzee (*Pan troglodytes*): subitizing and analogue magnitude estimation // *Japanese Psychological Research*. 1997. Vol. 39. P. 140–153
25. *Medam T., Marzouki Y., Montant M., Fagot J.* Categorization does not promote symmetry in Guinea baboons (*Papio papio*) // *Animal Cognition*. 2016. Vol. 19. № 5. P. 987–998.
26. *Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R.K., Porteš M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Němec P.* Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016. Vol. 113. № 26. P. 7255–7260.
27. *Pepperberg I.M.* Animal language studies: What happened? // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2017. Vol. 24. № 1. P. 181–185.
28. *Pepperberg I.M.* Ordinality and inferential abilities of a grey parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. 2006. Vol. 120. № 3. P. 205–216.
29. *Pepperberg I.M.* Grey Parrots (*Psittacus erithacus*)—Cognitive and Communicative Abilities / *Field and Laboratory Methods in Animal Cognition: A Comparative Guide*. 2018. P. 329–347
30. *Pepperberg I.M.* Evidence for conceptual quantitative abilities in the African grey parrot: Labeling of cardinal sets // *Ethology*. 1987. Vol. 75. № 1. P. 37–61.
31. *Pepperberg I.M.* Numerical competence in an African gray parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. 1994. Vol. 108. № 1. P. 36.
32. *Pepperberg I.M., Gordon J.D.* Number comprehension by a grey parrot (*Psittacus erithacus*), including a zero-like concept // *Journal of Comparative Psychology*. 2005. Vol. 119. № 2. P. 197.
33. *Picanço C.R.F., Barros R.S.* Symmetry evaluation by comparing acquisition of conditional relations in successive (Go/No-Go) matching-to-sample training // *The Psychological Record*. 2015. Vol. 65. № 1. P. 131–139.
34. *Prichard A., Panoz Brown D., Bruce K., Galizio M.* Emergent identity but not symmetry following successive olfactory discrimination training in rats // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2015. Vol. 104. № 2. P. 133–145.
35. *Rumbaugh D.M., Beran M.J., Hillix W.A.* Cause-effect reasoning in humans and animals // *The Evolution of Cognition* / Eds C. Heyes, L. Huber. *The Vienna Series in Theor. Biol. A Bradford Book, The MIT Press*, 2000. P. 221–239.
36. *Quezada Velázquez A.G., Padilla Vargas M.A., Flores Aguirre C.J.* Equivalence class formation in 11-month-old pre-linguistic infants // *Acta Colombiana de Psicología*. 2018. Vol. 21. № 1. P. 271–289.
37. *Santos J.R., Barros R.S., Galvão O.* Symmetry in *Cebus apella* // *29th Annual Meeting of the Association for Behavior Analysis*. San Francisco, 2003.
38. *Savage-Rumbaugh E.S.* Can apes use symbols to represent their world? // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1981. Vol. 364. № 1. P. 35–59.
39. *Schusterman R.J., Kastak D.* A California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations // *The Psychological Record*. 1993. Vol. 43. P. 823–839.



40. Sidman M., Rauzin R., Lazar R., Cunningham S., Tailby W., Carrigan P. A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1982. Vol. 37. № 1. P. 23–44.
41. Sidman M., Tailby W. Conditional discrimination vs. matching to sample: an expansion of the testing paradigm // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1982. Vol. 37. № 1. P. 5–22.
42. Sidman M., Wynne C.K., Maguire R.W., Barnes T. Functional classes and equivalence relations // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1989. Vol. 52. № 3. P. 261–274.
43. Soares Filho P.S.D., e Silva A.J.M., Velasco S.M., Barros R.S., Tomanari G.Y. Assessing symmetry by comparing the acquisition of symmetric and nonsymmetric conditional relations in a capuchin monkey // *International Journal of Psychological Research*. 2016. Vol. 9. № 2. P. 30–39.
44. Swisher M., Urcuioli P.J. Symmetry in the pigeon with sample and comparison stimuli in different locations. II // *Journal of the experimental analysis of behavior*. 2015. Vol. 104. № 2. P. 119–132.
45. Tomanari G.Y., Sidman M., Rubio A.R., Dube W.V. Equivalence Classes with Requirements for Short Response Latencies // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2006. Vol. 85. № 3. P. 349–369.
46. Tomonaga M., Matsuzawa T., Fujita K., Yamamoto J.H. Emergence of symmetry in a visual conditional discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Psychological Reports*. 1991. Vol. 68. № 1. P. 51–60.
47. Urcuioli P.J. Associative symmetry, antisymmetry, and a theory of pigeons' equivalence class formation // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2008. Vol. 90. № 3. P. 257–282.
48. Urcuioli P.J., Swisher M.J. Transitive and anti-transitive emergent relations in pigeons: Support for a theory of stimulus-class formation // *Behavioural processes*. 2015. Vol. 112. P. 49–60.
49. Yamamoto J., Asano T. Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*) // *The Psychological Record*. 1995. Vol. 45. P. 3–21.
50. Zentall T.R. Concept Learning in Animals // *Comparative cognition&behavior review*. 2008. Vol. 3. P. 13–45.
51. Zentall T. The value of research in comparative cognition // *International Journal of Comparative Psychology*. 2018. Vol. 31.
52. Zentall T.R., Wasserman E.A., Urcuioli P.J. Associative concept learning in animals // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2014. Vol. 101. № 1. P. 130–151.

## SIGN-REFERENCE EQUIVALENCE RESEARCH METHODS IN HUMANS AND ANIMALS

**SAMULEEVA M.V.\***, *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*  
e-mail: samuleeva@gmail.com

**SMIRNOVA A.A.\*\***, *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*  
e-mail: annsmirn1@gmail.com

**ZORINA Z.A.\*\*\***, *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*  
e-mail: zoyazorina17@gmail.com

### For citation:

Samuleeva M.V., Smirnova A.A., Zorina Z.A. Sign-reference equivalence research methods in humans and animals. *Экспериментальная психология = Experimental psychology (Russia)*, 2019, vol. 12, no. 4, pp. 91–105. doi:10.17759/exppsy.2019120408

\* Samuleeva M.V. PhD Student, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: samuleeva@gmail.com

\*\* Smirnova A.A. PhD in Biological Sciences, Leading researcher, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: annsmirn1@gmail.com

\*\*\* Zorina Z.A. Professor, Doctor of Biological Sciences, Head of the laboratory, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: zoyazorina17@gmail.com



Human language based on symbolization or sign-referent equivalence relations. The paper focuses on methods of studying the process of developing of sign-referent equivalence. Subject is trained in Matching-To-Sample task: for example, reinforcing of stimulus B if the sample was A, and stimulus D if the sample was C. Following test allows to reveal if new relations (for example, symmetry, if subject chooses stimulus A if the sample was B) appeared spontaneously. Human subjects usually pass this test successfully. This result may be explained by repeated demonstration of sign-referent symmetry during language learning and using. Our paper is dedicated to methods features which can be used to study sign-reference developing in human and animals. We discuss factors that leads to appearance of this crucial property of stimulus equivalence.

**Keywords:** stimulus equivalence, symmetry, concepts, matching-to-sample, sign, referent.

---

#### *Funding*

This research was funded by RSF (Russian Science Foundation), grant number 19-18-00477.

#### **References**

1. *Biro D., Matsuzawa T.* Use of numerical symbols by the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Cardinals, ordinals, and the introduction of zero // *Animal Cognition*. 2001. Vol. 4. № 3–4. P. 193–199.
2. *Boysen S.T., Hallberg K.I.* Primate numerical competence: Contributions toward understanding nonhuman cognition // *Cognitive Science*. 2000. Vol. 24. P. 423–443.
3. *Carp C.L., Petursdottir A.I.* Intraverbal naming and equivalence class formation in children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2015. Vol. 104. № 3. P. 223–240.
4. *Carr D., Felce D.* Application of stimulus equivalence to language intervention for individuals with severe linguistic disabilities // *Journal of Intellectual and Developmental Disability*. 2000. Vol. 25. № 3. P. 181–205.
5. *Devany J.M., Hayes S.C., Nelson R.O.* Equivalence class formation in language able and language disabled children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1986. Vol. 46. № 3. P. 243–257.
6. *Dugdale N., Lowe C.F.* Testing for symmetry in the conditional discriminations of language trained chimpanzees // *Journal of the experimental analysis of behavior*. 2000. Vol. 73. № 1. P. 5–22.
7. *Frank A.J., Wasserman E.A.* Associative Symmetry In The Pigeon After Successive Matching-To-Sample Training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2005. Vol. 84. № 2. P. 147–165.
8. *Horne P.J., Hughes J.C., Lowe C.F.* Naming and categorization in young children: IV: Listener behavior training and transfer of function // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2006. Vol. 85. № 2. P. 247–273.
9. *Horne P.J., Lowe C.F., Randle V.R.L.* Naming and categorization in young children: II. Listener behavior training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2004. Vol. 81. № 3. P. 267–288.
10. *Kastak C.R., Schusterman R.J., Kastak D.* Equivalence classification by California sea lions using class specific reinforcers // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2001. Vol. 76. № 2. P. 131–158.
11. *Kojima T.* Generalization between productive use and receptive discrimination of names in an artificial visual language by a chimpanzee // *International Journal of Primatology*. 1984. Vol. 5. № 2. P. 161–182.
12. *Lazareva O. F.* Categories and concepts in animals // *Learning Theory and Behavior*. 2008. Vol. 1. P. 197–226.
13. *Lionello-DeNolf K.M.* The search for symmetry: 25 years in review // *Learning Behavior*. 2009. Vol. 37. № 2. P. 188–203.
14. *Lowe C.F., Horne P.J., Harris F.D., Randle V.R.* Naming and categorization in young children: Vocal tact training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2002. Vol. 78. № 3. P. 527–549.
15. *Matsuzawa T.* The Ai project: historical and ecological contexts // *Animal Cognition*. 2003. Vol. 6. № 4. P. 199–211.
16. *Matsuzawa T.* Use of numbers by a chimpanzee // *Nature*. 1985. Vol. 315. P. 57–59.
17. *Murofushi K.* Numerical matching behavior by a chimpanzee (*Pan troglodytes*): subitizing and analogue magnitude estimation // *Japanese Psychological Research*. 1997. Vol. 39. P. 140–153



18. *Medam T., Marzouki Y., Montant M., Fagot J.* Categorization does not promote symmetry in Guinea baboons (*Papio papio*) // *Animal Cognition*. 2016. Vol. 19. № 5. P. 987–998.
19. *Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R.K., Porteš M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Němec P.* Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016. Vol. 113. № 26. P. 7255–7260.
20. *Pepperberg I.M.* Animal language studies: What happened? // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2017. Vol. 24. № 1. P. 181–185.
21. *Pepperberg I.M.* Ordinality and inferential abilities of a grey parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. 2006. Vol. 120. № 3. P. 205–216.
22. *Pepperberg I.M.* Grey Parrots (*Psittacus erithacus*)—Cognitive and Communicative Abilities / *Field and Laboratory Methods in Animal Cognition: A Comparative Guide*. 2018. P. 329–347
23. *Pepperberg I.M.* Evidence for conceptual quantitative abilities in the African grey parrot: Labeling of cardinal sets // *Ethology*. 1987. Vol. 75. № 1. P. 37–61.
24. *Pepperberg I.M.* Numerical competence in an African gray parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. 1994. Vol. 108. № 1. P. 36.
25. *Pepperberg I.M., Gordon J.D.* Number comprehension by a grey parrot (*Psittacus erithacus*), including a zero-like concept // *Journal of Comparative Psychology*. 2005. Vol. 119. № 2. P. 197.
26. *Picanço C.R.F., Barros R.S.* Symmetry evaluation by comparing acquisition of conditional relations in successive (Go/No-Go) matching-to-sample training // *The Psychological Record*. 2015. Vol. 65. № 1. P. 131–139.
27. *Prichard A., Panoz Brown D., Bruce K., Galizio M.* Emergent identity but not symmetry following successive olfactory discrimination training in rats // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2015. Vol. 104. № 2. P. 133–145.
28. *Rumbaugh D.M., Beran M.J., Hillix W.A.* Cause-effect reasoning in humans and animals // *The Evolution of Cognition* / Eds C. Heyes, L. Huber. The Vienna Series in Theor. Biol. A Bradford Book, The MIT Press, 2000. P. 221–239.
29. *Quezada Velázquez A.G., Padilla Vargas M.A., Flores Aguirre C.J.* Equivalence class formation in 11-month-old pre-linguistic infants // *Acta Colombiana de Psicología*. 2018. Vol. 21. № 1. P. 271–289.
30. \**Samuleeva M.V., Smirnova A.A.* Izuchenie osobennostey processa simvolizacii u seryh voron [Study of symbolization process in hooded crows]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatelnosti* [Journal of Higher Nervous Activity (Russia)], 2019. Vol. 69. № 4. P. 505–513. (In Russian; abstract in English).
31. <sup>b</sup>*Samuleeva M.V., Smirnova A.A.* Issledovanie processa usvoeniya znakov seryh voron [The study of sign learning process in hooded crows]. *Vestnik tverskogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald of Tver State University]. 2019. Vol. 1. № 53. P. 203–217. (In Russian; abstract in English).
32. *Santos J.R., Barros R.S., Galvão O.* Symmetry in *Cebus apella* // 29th Annual Meeting of the Association for Behavior Analysis. San Francisco, 2003.
33. *Savage-Rumbaugh E.S.* Can apes use symbols to represent their world? // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1981. Vol. 364. № 1. P. 35–59.
34. *Schusterman R.J., Kastak D.* A California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations // *The Psychological Record*. 1993. Vol. 43. P. 823–839.
35. *Sidman M., Rauzin R., Lazar R., Cunningham S., Tailby W., Carrigan P.* A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1982. Vol. 37. № 1. P. 23–44.
36. *Sidman M., Tailby W.* Conditional discrimination vs. matching to sample: an expansion of the testing paradigm // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1982. Vol. 37. № 1. P. 5–22.
37. *Sidman M., Wynne C.K., Maguire R.W., Barnes T.* Functional classes and equivalence relations // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1989. Vol. 52. № 3. P. 261–274.
38. *Smirnova A. A.* O sposobnosti ptic k simvolizacii [Symbolization in birds]. *Zoologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Zoology], 2011, Vol. 90. № 7. P. 803–810. (In Russian; abstract in English).
39. *Smirnova A.A., Obozova T.A., Samuleeva M.V., Zorina Z.A.* Sposobnost' k simvolizacii u ptic (vranovy i popugai): usvoenie simvolov dlja oboznachenija priznakov «shodstvo» i «razlichie» [Birds' (corvids and parrots)] ability of symbolization: learning of symbols to indicate the signs of “similarity” and “difference”. *Kognitivnaja nauka v Moskve: novye issledovaniya*. Materialy konferencii 19 iyunja 2013 g. [Cognitive



- science in Moscow: new studies. Proceedings of the conference June 19, 2013] / Eds. Pechenkova E.V., Falikman M.V. Moscow, Buki Vedi, 2013. P. 267–271. (In Russian).
40. Smirnova A.A., Samuleeva M.V., Zorina Z.A. Metodika vybora po obrazcu kak podhod k issledovaniju mehanizmov simvolizacii u seryh voron [Matching-to-sample method as approach to studying of mechanisms of symbolization in hooded crows]. In Barabanshnikov V.A. (ed.) Procedury i metody jeksperimental'noj psihologicheskij issledovanij [Procedures and methods of experimental psychological research]. Moscow, Institute of Psychology RAS Publ., 2016, pp. 415–418. (In Russian).
41. Soares Filho P.S.D., e Silva A.J.M., Velasco S.M., Barros R.S., Tomanari G.Y. Assessing symmetry by comparing the acquisition of symmetric and nonsymmetric conditional relations in a capuchin monkey // International Journal of Psychological Research. 2016. Vol. 9. № 2. P. 30–39.
42. Swisher M., Urciuoli P.J. Symmetry in the pigeon with sample and comparison stimuli in different locations. II // Journal of the experimental analysis of behavior. 2015. Vol. 104. № 2. P. 119–132.
43. Tomanari G.Y., Sidman M., Rubio A.R., Dube W.V. Equivalence Classes with Requirements for Short Response Latencies // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. 2006. Vol. 85. № 3. P. 349–369.
44. Tomonaga M., Matsuzawa T., Fujita K., Yamamoto J.H. Emergence of symmetry in a visual conditional discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*) // Psychological Reports. 1991. Vol. 68. № 1. P. 51–60.
45. Urciuoli P.J. Associative symmetry, antisymmetry, and a theory of pigeons' equivalence class formation // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. 2008. Vol. 90. № 3. P. 257–282.
46. Urciuoli P.J., Swisher M.J. Transitive and anti-transitive emergent relations in pigeons: Support for a theory of stimulus-class formation // Behavioural processes. 2015. Vol. 112. P. 49–60.
47. Yamamoto J., Asano T. Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*) // The Psychological Record. 1995. Vol. 45. P. 3–21.
48. Zentall T.R. Concept Learning in Animals // Comparative cognition&behavior review. 2008. Vol 3. P. 13–45.
49. Zentall T. The value of research in comparative cognition // International Journal of Comparative Psychology. 2018. Vol. 3
50. Zentall T.R., Wasserman E.A., Urciuoli P.J. Associative concept learning in animals // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. 2014. Vol. 101. № 1. P. 130–151.
51. Zorina Z.A., Smirnova A.A. O chjom rasskazali «govorjashhie» obez'jany [What the «talking» monkeys talked about]. Jazyki slavjanskij kul'tur [Languages of the Slavic cultures]. Moscow, 2006, 424 p. (In Russian).
52. Zorina Z.A., Smirnova A.A. Sovremennye predstavlenija o kognitivnyh sposobnostjah vranovyh ptic [A contemporary view of cognitive capability in corvids]. Ornitologija: istorija, tradicii, problemy i perspektivy: Materialy Vseros. konf., posvjashh. 120-letiju so dnja rozhdenija prof. G.P. Dement'eva [Ornithology: history, traditions, issues and perspectives. Proceedings of the national conference dedicated to the 120th anniversary of Professor G.P. Dementiev]. Moscow, 2018, pp. 157–163. (In Russian).