

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи



Самулеева Мария Владимировна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ САМОУЗНАВАНИЯ И
ФОРМИРОВАНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ
МЕЖДУ ЗНАКОМ И ОБОЗНАЧАЕМЫМ У СЕРЫХ
ВОРОН**

Специальность: 03.03.06 – нейробиология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, профессор
Зорина Зоя Александровна

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1. Некоторые данные о строении мозга и о высших когнитивных способностях птиц с разным уровнем развития мозга	12
1.2. Исследования самоузнавания в зеркале у животных.....	14
1.2.1. Основные представления о самоузнавании в зеркале	14
1.2.2. Исследование способности к самоузнаванию с помощью классического теста с меткой 16	
1.2.3. Исследование способности использовать зеркало для поиска скрытой приманки	43
1.3. Исследования способности к символизации у животных	49
1.3.1. Определение эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым.....	49
1.3.2. Исследование механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у человека.....	50
1.3.3. Исследование механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у животных.....	53
1.3.4. Дополнительные подходы к изучению механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым.....	70
1.3.5. Исследования механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым, проведенные на голубях	73
1.3.6. Теория формирования класса эквивалентных стимулов	79
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	86
2.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале	86
2.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым	91
2.2.1. Объект и обстановка эксперимента.....	91
2.2.2. Эксперимент 1	95
2.2.3. Эксперимент 2	99
3. РЕЗУЛЬТАТЫ.....	103
3.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале	103
3.1.1. Влияние наличия зеркала на чистку зоны нанесения метки.....	104
3.1.2. Влияние присутствия помеченного «соседа» на время чистки зоны нанесения метки. 105	
3.1.3. Влияние метки на время чистки зоны ее нанесения	108
3.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым	110

3.2.1. Эксперимент 1 (тест на симметричность после демонстрации возможности таких отношений)	110
3.2.2. Эксперимент 2 (тест на симметричность без демонстрации возможности таких отношений)	118
4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	126
4.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале	126
4.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
ВЫВОДЫ.....	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	145
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	173

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы и степень ее разработанности. Исследование высших когнитивных способностей животных вносит вклад в понимание эволюционных аспектов формирования мышления, языка и сознания человека. Методологической основой для таких исследований является сравнительное изучение способностей птиц и млекопитающих (Balakhonov, Rose, 2017; Gunturkun et al., 2017; Gunturkun, Bugnyar, 2016; Kabadayi, Osvath, 2017; Krashennnikova et al., 2019; Pepperberg, 2020).

Сравнительные исследования когнитивных способностей представителей различных таксономических групп позволили, с одной стороны, сформулировать так называемую «нулевую гипотезу» об отсутствии как качественных, так и количественных различий в когнитивных способностях позвоночных (Macphail, 1987; Colombo, Scarf, 2020). Но, с другой стороны, многочисленными исследованиями показано, что и среди птиц, и среди млекопитающих встречаются представители с разным уровнем развития когнитивных способностей (например, Flemming et al., 2011; Hopkins, Washburn, 2002; Pepperberg, 2020, Reader and Laland, 2002). Сравнение спектра высших когнитивных способностей птиц с высокоорганизованным мозгом, в том числе врановых, и млекопитающих, в особенности человекообразных приматов, вносит вклад в развитие представлений о параллельной эволюции высших когнитивных способностей птиц и млекопитающих (Зорина, Обозова, 2011; Gunturkun, Bugnyar, 2016; Plotnik, Clayton, 2015; van Horik et al., 2012).

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 (Briscoe et al., 2018; Gunturkun, Bugnyar, 2016; Gutiérrez-Ibáñez et al., 2018; Jarvis et al., 2005; Nieder, 2017; Olkowicz et al., 2016; Reiner et al., 2004). Обнаружено, что среди молодых структур паллиума птиц имеются

гомологи новой коры, выполняющие аналогичные функции (Briscoe et al., 2018; Gunturkun, Bugnyar, 2016). Несмотря на значительно меньший абсолютный вес структур паллиума, число нейронов в нем у врановых и попугаев превосходит обнаруженное у голубей и сопоставимо с таковым у некоторых приматов (макак и капуцинов; Olkiewicz et al, 2016).

Таким образом, данные о сложности поведения врановых перестали противоречить представлениям о строении их мозга. Показано, что эти птицы способны решать элементарные логические задачи (Крушинский, 1977/2018), оперируя при этом представлениями о «неисчезаемости», «вмещаемости», «перемещаемости». Они справляются с протоорудийными задачами (Багоцкая и др., 2010; Обозова и др. 2013), демонстрируют инсайт при изготовлении и использовании орудий (Jones, Kamil, 1973; Wimpenny et al., 2009), а также решают «инсайтные» задачи (Kabadai et al., 2016). 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 (Смирнова, 2011; Смирнова и др., 2002; Pepperberg, Brezinsky, 1991; Pepperberg, Gordon, 2005; Smirnova et al., 2000; Zentall et al., 2008). Врановые и попугаи обладают также способностью к символизации (Смирнова и др., 2002; Смирнова, 2011; Pepperberg, 1987; 1999; Zentall et al., 2008) и операциям логического вывода: выявлению аналогий (Smirnova et al., 2015) и транзитивному заключению (Lazareva et al., 2004). Кроме того, врановые птицы способны оперировать обобщенными представлениями и формировать понятия «больше/меньше», «сходство/различие» (Смирнова, 2011; Смирнова, Зорина, 2013). У врановых (Смирнова и др., 2002; 2011; Smirnova et al., 2000; Ujfalussy et al., 2014;) и попугаев (Pepperberg, 1994; 2015) обнаружена также способность оперировать множествами, формировать понятие о числе и связывать с ним знаки-цифры (1 – 8). Накопленные данные о высших когнитивных способностях птиц с высокоорганизованным мозгом (врановых и попугаев)

позволяют проводить сравнения с когнитивными способностями представителей других таксономических групп.

Одним из методических подходов в сравнительных исследованиях является использование батареи тестов, применимых для животных разных таксонов (например, Vonk, 2019, de Waal, 2019; Krasheninnikova et al., 2019). В частности, исследования способности к самоузнаванию в зеркале (Clary, Kelly, 2016; van Buuren et al., 2019) и методики исследования способности к символизации, т.е. установлению эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым (Medam et al., 2016; Quezada Velázquez et al., 2018) позволяют выявлять универсальные механизмы мышления, лежащие в основе тех или иных когнитивных способностей.

Способность узнавать свое отражение в зеркале связывают со способностью формировать образ самого себя («Я-концепция»; Gallup, 1970), в норме она появляется у детей к 18-24 месяцам (Bertenthal, Fisher, 1987), но может нарушаться при некоторых патологиях (например, Gallup et al., 2003). У животных способность к самоузнаванию изучают при помощи так называемого теста с меткой (Clary, Kelly, 2016; van Buuren et al., 2019; Kohda et al., 2019). У животных, которые не справляются с классическим тестом с меткой, изучают их способность понимать свойства отражающей поверхности в результате обучения (Chang et al., 2017) и способность использовать информацию, получаемую из отражения в зеркале, например, для поиска скрытого корма (Fukuzawa, Hashi, 2017; Fukuzawa, Igarashi, 2017).

К настоящему времени положительный результат в классическом тесте с меткой получен у некоторых животных с высокоорганизованным мозгом: у человекообразных обезьян (например, Gallup 1970; Suddendorf, Butler, 2013), дельфинов (Reiss, Marino, 2001; Morrison, Reiss, 2018), одного слона (Plotnik et al., 2006). Также положительный результат был получен у трех лошадей (Baragli et al., 2021) и трех особей одного из видов рыб (Kohda et al., 2019). Представители класса птиц, новокаледонские вороны (Medina et al., 2011) и попугаи (Pepperberg et al., 1995), обученные искать приманку, успешно

находили ее при помощи зеркала. С тестом с меткой справились врановые: две сороки, (Prior et al., 2008, но результат не был воспроизведен в другом эксперименте, Soler et al., 2020), шесть ореховок Кларка, Clary, Kelly, 2016). Был получен положительный результат и в эксперименте с индийскими домовыми воронами (Buniyaadi et al., 2019). При этом результаты теста с меткой у других представителей врановых – галок (Soler et al., 2014), калифорнийских соек (Clary et al., 2020) и черных и серых ворон, а также их гибридов (Vanhooland et al., 2019), оказались отрицательными, что может быть связано как с индивидуальными и межвидовыми различиями, так и с особенностями использованных методик. Таким образом, неоднозначность результатов экспериментов по способности к самоузнаванию у птиц с высокоорганизованным мозгом диктует необходимость дополнительных исследований с применением более совершенных методик.

Способность к символизации, т.е. установлению эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым, является одним из условий способности человека к усвоению языка (Бурлак, 2018; Pepperberg, 2006; Carr, Felce, 2000; Zentall et al., 2008). Механизмы этого процесса изучены недостаточно, и эксперименты на животных с высокоорганизованным мозгом позволяют исследовать, в частности, особенности формирования свойств эквивалентных отношений: симметричности, рефлексивности и транзитивности (Prichard et al., 2015; Medam et al., 2016; Swisher, Urcuioli, 2018).

Комплексное исследование таких аспектов высших когнитивных функций как способность к узнаванию своего отражения в зеркале и к символизации, включая анализ механизмов этих процессов, является актуальным, т.к. вносит вклад в понимание эволюционных аспектов психики, языка и сознания человека. Подходящим модельным объектом для таких исследований являются птицы с высокоорганизованным мозгом – серые вороны.

Целью работы стало комплексное исследование способности серых ворон к узнаванию своего отражения в зеркале и к символизации, включая анализ механизмов этих процессов. Были поставлены следующие **задачи**:

1. Модифицировать методику классического теста с меткой таким образом, чтобы минимизировать возможность тактильного восприятия метки птицами и облегчить идентификацию собственного отражения.
2. С помощью модифицированной процедуры теста с меткой исследовать способность серых ворон к самоузнаванию в зеркале.
3. Для исследования механизмов символизации (формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым) обучить две группы серых ворон выбору по условному соответствию образцу: выбору изображений двух фигур одинакового размера по образцу «S» и выбору изображений двух фигур разного размера по образцу «V».
4. Провести тесты на «перенос правила выбора» и выяснить, с чем именно были связаны у птиц знаки «S» и «V»: с конкретными двенадцатью стимулами, использованными при обучении, или с обобщенными представлениями о «сходстве» и «различии» составляющих их элементов.
5. При помощи тестов на симметричность и рефлексивность выяснить, стали ли отношения между знаком и обозначаемым эквивалентными.
6. Меняя последовательность этапов эксперимента для двух групп серых ворон, выяснить, влияет ли на формирование эквивалентных отношений тип обозначаемого (отдельные стимулы или обобщенные представления о «сходстве» или «различии» составляющих их элементов).

Научная новизна. В работе была модифицирована методика проведения теста с меткой, что позволило впервые получить более точные данные о наличии способности к самоузнаванию у представителей семейства врановых и о некоторых факторах, способствующих его проявлению.

Впервые установлено, что самоузнавание входит в спектр высших когнитивных способностей, присущих серым воронам.

Впервые получен результат, показывающий успешное решение воронами теста на симметричность отношений между знаком и обозначаемым без предварительной демонстрации возможности таких отношений. Также впервые получен положительный результат в тесте на рефлексивность отношений между знаком и обозначаемым без предварительной демонстрации других свойств эквивалентных отношений. Впервые проведена последовательная проверка гипотезы о влиянии типа обозначаемого на формирование эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у птиц. При этом были использованы не отдельные стимулы, а сформировавшиеся у птиц обобщенные представления о «сходстве» и «различии» составляющих их элементов.

Теоретическая и практическая значимость. Полученный положительный результат в тесте на самоузнавание в зеркале у серых ворон вносит вклад в характеристику спектра высших когнитивных способностей врановых птиц. Разработанный нами модифицированный вариант методики проведения теста с меткой может быть использован при дальнейшем сравнительном изучении способности к самоузнаванию у птиц с разным уровнем развития мозга. Показанное в работе влияние типа обозначаемого на формирование эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым, а также демонстрация спонтанного возникновения симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым вносит вклад в понимание механизмов символизации, что принципиально важно для исследования зачатков мышления у животных. Комплексное исследование способности серых ворон к узнаванию своего отражения в зеркале и к символизации, включая анализ механизмов этих процессов, подтверждает представление о сходстве спектра высших когнитивных способностей врановых птиц и человекообразных приматов и о параллельной эволюции высших когнитивных способностей птиц и млекопитающих.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Проявлению способности к самоузнаванию в зеркале способствуют длительный опыт ознакомления со свойствами отражающей поверхности и условия, облегчающие идентификацию своего отражения (неоднородная среда и присутствие сородича).
2. У представителей семейства врановые подтверждается наличие способности к самоузнаванию в зеркале.
3. Серые вороны способны спонтанно (без предварительной демонстрации возможности таких отношений) проявить понимание отношений симметричности и рефлексивности между знаком и обозначаемым.
4. Формирование симметричности эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым зависит от типа обозначаемого (использование не отдельных стимулов, а их наборов, обладающих признаками, которые можно обобщить по принципу сходства или различия составляющих их элементов).
5. Результаты комплексного исследования способностей серых ворон к самоузнаванию в зеркале и к символизации сходны с таковыми у человекообразных приматов, что служит аргументом в поддержку представлений о параллельной эволюции высших когнитивных способностей птиц и млекопитающих.

Апробация работы. Основные результаты исследования представлены на следующих всероссийских и международных конференциях: Всероссийская конференция с международным участием «От истоков к современности» (130 лет организации психологического общества при Московском университете), Всероссийские конференции с международным участием «Экология врановых птиц в естественных и антропогенных ландшафтах Северной Евразии» (25-26.4. 2017, 26-28.9. 2019,); Когнитивная наука в Москве: новые исследования (19.6.2013 г., 16.6.2015 г., 15.6.2017 г.,

19.6.2019 г.), 3rd International Conference «Neurobiology of speech and language»); Первый Всероссийский орнитологический конгресс; Международные конференции по когнитивной науке (20-24.6. 2016 г., 18-21.10.2018 г.), II Всероссийская научная конференция «Эволюционная и сравнительная психология в России»; VI Всероссийская конференция по поведению животных; 3-я международная конференция «Современные проблемы биологической эволюции»; Всероссийская научная конференция «Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований»; XII, XIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016», «Ломоносов-2015»; XIV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии (Алматы, 18-24.8.2015 г.); Международная конференция «Лингвистический форум 2020: язык и искусственный интеллект».

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 27 печатных работ: 4 статьи в периодических изданиях, индексируемых аналитическими базами Scopus, Web of Science, 1 статья в журнале из списка ВАК, 3 статьи в сборниках, 19 тезисов в сборниках докладов международных и всероссийских научных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 182 страницах и включает введение, обзор литературы, главу с описанием методов исследования; результаты; их обсуждение; заключение; выводы; список цитируемой литературы (259 источников, 22 из которых – на русском, 237 – на иностранных языках); два приложения. Работа содержит 9 таблиц и 20 рисунков.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Некоторые данные о строении мозга и о высших когнитивных способностях птиц с разным уровнем развития мозга

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 (Briscoe et al., 2018; Gunturkun, Bugnyar, 2016; Gutiérrez-Ibáñez et al., 2018; Jarvis et al., 2005; Nieder, 2017; Olkowicz et al., 2016; Reiner et al., 2004). Обнаружено, что среди молодых структур паллиума имеются гомологи новой коры, выполняющие аналогичные с ней функции (Gunturkun, Bugnyar, 2016; Briscoe et al., 2018). Большая часть переднего мозга птиц происходит от паллиума предка, общего для птиц, рептилий и млекопитающих. У млекопитающих производные этих паллиальных структур смещались в дорсальном направлении, а у птиц – в вентральном и приобрели преимущественно ядерную организацию (Reiner et al., 2004; Jarvis et al., 2005). В недавно проведенном исследовании, использующим метод изотропного фракционирования (Olkowicz et al., 2016) было показано, что число нейронов в структурах паллиума у птиц с высокоорганизованным мозгом (врановых и попугаев) примерно такое же и даже выше, чем у некоторых приматов (макак и капуцинов). Таким образом, плотность нейронов в мозге птиц больше, чем в мозге млекопитающих. Кроме того, обнаружено, что число нейронов паллиума у попугаев и врановых значительно превосходит этот показатель у голубей (Olkowicz et al, 2016).

Эти данные хорошо коррелируют с классическим показателем относительного размера переднего мозга птиц – индексом Портмана (Зорина, Обозова, 2011), который определяют как отношение средней массы переднего мозга исследуемого вида к средней массе ствола мозга птиц из отряда куриных со сходным весом тела. Минимальные значения индекса

Портмана характерны для древних групп куро- и голубеобразных (голубь – 4.0; курица – 3.27), а максимальные – для филогенетически более молодых групп врановых и попугаев (сорока – 15.81; грач – 15.68; серая ворона – 15.38, попугай жако – 17; попугай ара – 27). Показано, что величина индекса Портмана находится в соответствии, например, с количеством инноваций в пищедобывательном поведении птиц (Lefebvre et al., 1998). Таким образом, представители разных групп внутри класса птиц, как и млекопитающие, обладают разными уровнями развития мозга и, соответственно, когнитивных способностей (Зорина, Обозова, 2011).

Морфологические данные о высоком уровне развития мозга врановых и попугаев соответствуют результатам поведенческих экспериментов, демонстрирующих широкий спектр высших когнитивных способностей этих птиц. Необходимо отметить, что еще в 1970-е годы Л.В. Крушинский, обобщив имеющиеся данные, высказал предположение о параллельной эволюции мозга и рассудочной деятельности млекопитающих и птиц (Зорина, Обозова, 2011). В настоящее время подобную точку зрения активно высказывают и другие исследователи (Clayton, Emery, 2015; Emery, 2006; Emery, Clayton, 2005; Osvath et al., 2014).

Таким образом, данные о высоком уровне когнитивных способностей врановых птиц (Зорина, Смирнова, 2011; 2013; 2018; Зорина, Обозова, 2011; Смирнова, Зорина, 2013) не противоречат данным о строении их мозга (Güntürkün, Bugnyar, 2016; Gutiérrez-Ibáñez et al., 2018; Jarvis et al., 2005; Nieder, 2017; Olkowitz et al., 2016). Показано, что для врановых птиц характерно сложное социальное поведение (например, Braun, Bugnyar, 2012; Emery et al., 2004; 2008). Они способны формировать представления о знаниях и намерениях других особей (theory of mind; Brecht, 2017; Bugnyar et al., 2007; Clayton et al., 2007), могут решать протоорудийные задачи (Багоцкая и др., 2010; 2013; Обозова и др., 2013), 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 (Зорина, Смирнова, 2018; Смирнова, 2011; Смирнова, Зорина, 2013; Смирнова и др., 2013; Смирнова и др., 2016; Lazareva et al., 2004; Obozova et al., 2015).

Способность врановых птиц к самоузнаванию в зеркале и к формированию эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым изучают, соответственно, с помощью теста с меткой (Gallup, 1970) и задачи выбора по условному соответствию образцу (Смирнова и др., 2016). Следует отметить, что различные варианты и методические особенности этих задач могли оказать влияние на результат исследования, что и будет проанализировано далее.

1.2. Исследования самоузнавания в зеркале у животных

1.2.1. Основные представления о самоузнавании в зеркале

Способность узнавать свое отражение в зеркале связывают со способностью формировать образ самого себя («Я-концепция»; Gallup, 1970). Изучение формирования этой способности в онто- и филогенезе считают одним из подходов к исследованию феномена сознания.

Дети начинают узнавать себя в зеркале в возрасте 18-24 месяцев (Bertenthal, Fisher, 1987), а проявляют интерес к своему отражению и в более младшем возрасте (Bahnick et al. 1996; Itakura, Imamizu, 1994; Lewis, Brooks-Guy, 1979; Rochat, Striano, 2002). Есть данные о том, что появление способности узнать свое отражение коррелирует с появлением зачатков способностей к пониманию потребностей и намерений других людей (Bischof-Kohler, 2012; Bischof-Köhler, Bischof, 2018). Способность к самоузнаванию может появляться позднее, например, при синдроме Дауна (Mans et al., 1978) или расстройствах аутистического спектра (у тридцати процентов детей с патологиями аутистического спектра эта способность так и не появляется; Spiker, Ricks, 1984) и нарушаться при болезни Альцгеймера (Biringer et al., 1992) и шизофрении (Gallup et al., 2003).

Судить о том, как и когда в филогенезе мог сформироваться комплекс высших когнитивных способностей, необходимых для самоузнавания, можно на основе сравнительно-психологических данных, полученных при исследовании этой способности у разных групп животных. Подавляющее большинство накопленных к настоящему времени данных указывает на то, что узнавание своего отражения требует высокого уровня развития мозга и мышления, поскольку эта способность обычно выявляется лишь у отдельных представителей видов с высокоорганизованным мозгом, и в первую очередь, у понгид – шимпанзе и орангутанов (например, Anderson, Gallup, 2015; de Veer et al., 2003; Gallup, 1970; Lethmate, Dücker, 1973; Miles, 1994; Povinelli et al., 1993; Suarez, Gallup, 1981; Suddendorf, Butler, 2013). Именно для них было неоднократно описано поведение, однозначно свидетельствующее о самоузнавании – явное изучение своего отражения, и особенно, тех частей тела, которые обычно находятся вне поля зрения: лица, ротовой полости, области гениталий (например, Anderson, Gallup, 2015; Gallup, 1977; 1982; Lethmate, Dücker, 1973; Povinelli et al., 1993; Suarez, Gallup, 1981; Suddendorf, Butler, 2013). До того, как шимпанзе начинают изучать свое отражение, в их поведении перед зеркалом (как и в поведении детей) можно выявить несколько характерных стадий (Anderson, 1994; Gallup 1968; 1970; 1982; Suarez, Gallup, 1981). Впервые оказавшись перед зеркалом, они обычно реагируют на свое отражение так, как будто перед ними находится незнакомый конспецифик – т.е. демонстрируют социальное поведение (например, агрессию). Затем некоторые из них начинают обследовать зеркало и изучать его свойства: прикасаться к отражающей поверхности, заглядывать за зеркало, совершать повторяющиеся движения перед отражающей поверхностью. Последнее может свидетельствовать о том, что они заметили сопряженность собственных движений и движений отражения, и начинают понимать природу отражения (Gallup, 1970). После этого, некоторые из них начинают изучать себя в отражении – открывать рот и рассматривать зубы и язык, притрагиваться к лицу и пр.

1.2.2. Исследование способности к самоузнаванию с помощью классического теста с меткой

Экспериментальный подход к сравнительному изучению способности животных к самоузнаванию (тест с меткой) разработал Гордон Гэллоп (Gallup, 1970). В его первом исследовании четверем шимпанзе предпубертального возраста сначала дали возможность ознакомиться с зеркалом: 10 дней каждый из них жил в отдельной клетке, рядом с которой было установлено зеркало (в первые два дня зеркало было установлено на расстоянии 3.5 м от клетки, а в остальные восемь – на расстоянии 0.6 м). Два раза в день по 15 мин два независимых наблюдателя фиксировали поведение животных: для каждого 30-секундного интервала относили наблюдаемые акты поведения к одной из заранее назначенных категорий. Преобладавшие в первые дни социальные демонстрации, свидетельствующие о том, что животные воспринимали свое отражение как другую особь, к пятому дню почти полностью угасали. Параллельно увеличивалось число поведенческих актов, которые можно было интерпретировать как рассматривание в зеркале различных частей своего тела. Для объективной проверки этих наблюдений далее проводили тест с меткой – на бровь и ухо находящегося под общим наркозом шимпанзе наносили пятно красного красителя (спиртовой раствор родамина В). Через четыре часа, когда действие наркоза полностью проходило, два независимых наблюдателя фиксировали поведение животного в течение двух 30 минутных интервалов: сначала без зеркала (контроль), а потом в присутствии зеркала (тест). Оказалось, что в тесте (при наличии зеркала) шимпанзе достоверно чаще дотрагивались до частей тела, на которые была нанесена метка, чем в контроле (без зеркала). Подобных различий поведения в присутствии и в отсутствии зеркала не было выявлено у двух других шимпанзе того же возраста, которым перед проведением теста не дали возможности ознакомиться со свойствами зеркала, а также у четырех

медвежьих макак (*Macaca arctoides*) и двух макак резусов (*Macaca mulatta*), которые имели десятидневный опыт ознакомления с зеркалом (Gallup, 1970).

Дальнейшие исследования подтвердили способность шимпанзе к самоузнаванию (de Veer, 2003; Povinelli et al., 1993; Suddendorf, Butler, 2013). Однако у них были выявлены значительные индивидуальные различия – отнюдь не все животные проявляли внимание к метке во время теста. На результат теста оказывали влияние такие факторы, как социальный опыт шимпанзе и их возраст. Так, Гэллоп обнаружил, что шимпанзе, содержащиеся в изоляции и не имевшие опыта социальных взаимодействий с сородичами, в зеркале себя не узнавали (Gallup et al., 1971). Влияние возраста было обнаружено в масштабном исследовании Повинелли (Povinelli et al., 1993), в котором участвовало девяносто два шимпанзе разного возраста. С тестом с меткой чаще справлялись взрослые особи – из двенадцати шимпанзе в возрасте 8-15 лет положительный результат в тесте был обнаружен у девяти (75%). Из сорока восьми детенышей моложе 5 лет положительный результат в тесте продемонстрировал лишь один (2%), а из десяти подростков 6–7 лет – два (20%). Из тридцати пяти обезьян старше 15 лет с тестом справились девять (26%). С теми двенадцатью шимпанзе, которым в 1992 г. было от 8 до 15 лет, тест через 8 лет повторили (de Veer, 2003) и обнаружили, что те трое, которые не справились с тестом в первый раз, не справились с ним и через 8 лет; а из девяти шимпанзе, ранее продемонстрировавших положительный результат, повторно с тестом справились шестеро. По другим данным детеныши шимпанзе начинают узнавать свое отражение в возрасте 2.5 лет (Lin et al. 1992). Позднее было обнаружено, что на способность к самоузнаванию у шимпанзе влияют индивидуальные различия в строении проводящих путей правого полушария (а именно, степени развития третьей ветви верхнего продольного пучка, соединяющего участки лобных и теменных долей), которые ассоциированы с самоузнаванием у людей (Necht et al., 2017). В этом эксперименте признаков самоузнавания не было обнаружено у 20 из 60 шимпанзе (четкий

положительный результат продемонстрировали 27 обезьян; еще у 15 – результаты теста были не однозначны).

С другими понгидами – бонобо (*Pan paniscus*), орангутанами (*Pongo pygmaeus*) и гориллами (*Gorilla gorilla*) столь же масштабных исследований не проводили. Для бонобо теста с меткой еще не применяли. Однако известно, что они достоверно чаще обследовали участки своего тела, находящиеся вне поля зрения, при наличии зеркала, чем когда зеркало заменяли на не отражающую поверхность (Walraven et al., 1995; Westergaard, Hyatt, 1994).

Способность орангутанов к самоузнаванию с помощью теста с меткой подтвердили вскоре после того, как это было сделано для шимпанзе (Lethmate, Dücker, 1973), в отличие от участвовавших в этом же эксперименте четырех гиббонов (*Hylobates spp.*), двух капуцинов (*Cebus apella*), двух паукообразных обезьян (*Ateles sp.*), двух львинохвостых макак (*Macaca silenus*), павиана (*Papio hamadryas*) и трех мандрил (*Mandrillus sphinx*). Позднее положительный результат в тесте с меткой был обнаружен у орангутана в возрасте 25 месяцев (Miles, 1994).

В отличие от шимпанзе и орангутанов, способность к самоузнаванию у горилл удалось обнаружить не сразу и далеко не всех исследованиях. В первой работе с гориллами в тесте с меткой был получен отрицательный результат (Suarez, Gallup, 1981). Трем равнинным гориллам, а также двум шимпанзе и двум орангутанам дали возможность ознакомиться со свойствами зеркала в течение 8 дней. В отличие от шимпанзе и орангутанов, гориллы после этого не начали изучать свое отражение, и поэтому им дали возможность ознакомиться с зеркалом в ходе дополнительных 8 дней. Затем наркотизированным животным на голову и на запястье нанесли пятна розового театрального грима. После завершения действия наркоза за поведением животного наблюдали в течение 30 минут без зеркала, и затем в течение 30 минут с зеркалом. Оба шимпанзе и один из двух орангутанов чаще трогали метку при наличии с зеркала, в то время как гориллы

проявляли интерес к метке на запястье, но не обращали внимания на метку на голове. По нашему мнению, нанесение метки и на те участки тела животного, которые находятся в поле его зрения, является важной методической деталью, которая должна стать неотъемлемой частью каждого подобного эксперимента, поскольку она снимает вопрос о мотивации – т.е. о том, не связан ли отрицательный результат теста с меткой с тем, что животное просто не обращает внимание на метку. В более позднем исследовании (Allen, Schwartz, 2008) самец гориллы совершил немного больше действий, направленных на помеченный контрастной меткой лоб при наличии зеркала, однако эти результаты не были статистически достоверными.

В нескольких исследованиях тест с меткой все же подтвердил способность горилл к самоузнаванию (Patterson, Cohn 1994; Posada, Colell, 2007; Swartz, Evans, 1994). Так, горилла Коко, которая в возрасте одного года стала участницей языкового проекта и жила в помещении, где имела постоянный доступ к зеркалу, начиная с 3.5 лет изучала с его помощью свое лицо и зубы. Тест с меткой с ней провели лишь в возрасте 19 лет и получили положительный результат (Patterson, Cohn, 1994). В другом эксперименте (Posada, Colell, 2007) самец гориллы счищал метку со лба перед зеркалом, тогда как в его отсутствие внимания к ней не проявлял. Метки, нанесенные на руки и живот (части тела, находящиеся в поле зрения), он также немедленно счищал. Действительно ли гориллы отличаются от шимпанзе и орангутангов по способности к узнаванию своего отражения (или же эти результаты обусловлены небольшим числом исследованных горилл и влиянием индивидуальных различий), и если да, то чем обусловлены эти отличия, еще предстоит выяснить.

Итак, для понгид (особенно для шимпанзе) положительный результат в тесте с меткой был получен в множестве независимых исследований. В совокупности с данными о том, что они явно изучают свое отражение, это однозначно подтверждает их способность к самоузнаванию. Этот вывод коррелирует с данными о высоком уровне развития их мозга (Reader, Laland,

2002; Rumbaugh et al., 2013) и мышления – например, способности к сравнению, основанному на оценке абстрактного сходства и различия; обобщению, абстрагированию, формированию понятий (например, Boysen, Hallberg, 2000; Fagot, Tomanaga, 1999; Flemming et al., 2011; Hopkins, Washburn, 2002; Rumbaugh et al., 2000; Rumbaugh et al., 2019; Savage-Rumbaugh et al., 2018; Tomonaga, 2008) и наличию представлений о знаниях и намерениях других особей (theory of mind; например, Krupenye, Call 2019). Необходимо подчеркнуть, что отнюдь не все особи проявляли внимание к зеркалу и демонстрировали положительный результат в тесте. На его результаты оказывали влияние социальный опыт, пол, возраст, и даже индивидуальные различия в строении тех областей мозга, которые у людей ассоциированы с самоузнаванием.

Другие приматы. Со времен первых экспериментов Гэллапа (Gallup, 1970) проведено множество исследований способности к самоузнаванию у других приматов – игрунковых, цепкохвостых, мартышковых. В отличие от понгид, у этих обезьян никто не описывал поведения, свидетельствующего об изучении свойств зеркала (повторяющиеся движения перед зеркалом и пр.) или своего отражения. Более того, социальное поведение, направленное на отражение, у них хотя и угасало со временем, но вновь возникало при перемещении зеркала или его повторном появлении после перерыва (Anderson, Gallup, 2015; Gallup, Suarez, 1991; Suarez, Gallup, 1986). Результаты многочисленных исследований, в которых применяли тест с меткой, подтверждают сделанные Гэллапом первоначальные выводы о том, что наличие зеркала не усиливает внимание этих обезьяны к метке (Anderson, Gallup, 2011; Gallup, 1977; Gallup et al., 1980; Hauser et al., 2001; Heschl, Burkart, 2006; Inoue-Nakamura, 1997; Lethmate, Ducker, 1973; Roma et al., 2007; Suddendorf, Collier-Baker, 2009).

Например, Гэллап и Суарез (Suarez, Gallop, 1986; Gallop, Suarez, 1991) провели многолетнюю серию экспериментов с двумя макаками-резусами (*Macaca mulatta*), которые имели тысячи часов ознакомления с зеркалом, но

так и не проявили признаков самоузнавания. Направленное на отражение социальное поведение угасало со временем, но вновь возникало после изменения положения зеркала или его кратковременного удаления. Свинохвостые макаки (*Macaca nemestrina*; 8 взрослых и 7 подростков) не проявляли внимания к метке при наличии зеркала, несмотря на то, что их жилой вольер был оснащен зеркалом на протяжении нескольких лет (Воссia, 1994). По мнению автора, это может быть обусловлено тем, что макаки не всегда обращают внимание даже на заметные изменения в своей внешности или внешности сородичей: например, в процессе груминга они часто пропускают даже такие крупные объекты, как застрявшие в шерсти щепки (Воссia, 1994). Однако это мнение противоречит данным Гэллапа (Gallup et al., 1980): в его эксперименте макаки-резусы неоднократно трогали метки, находящиеся в поле их зрения на себе (например, на их животе) или на других обезьянах, но не делали этого, даже при наличии зеркала, если метка была нанесена на участок тела, находящийся вне поля их зрения (Gallup et al., 1980).

Для проверки предположения о том, что степень заметности метки может влиять на результаты теста в некоторых исследованиях использовали “суперзаметные” метки (Hauser et al., 1995; Hauser et al., 2001; Rajala et al., 2010). Например, пять из шести эдиповых тамаринов (*Saguinus oedipus*) в присутствии зеркала немного чаще дотрагивались до больших участков окрашенной (исходно белой) шерсти на голове, чем до небольшого пятна краски на брови или ухе (Hauser et al., 1995). Период предварительного ознакомления с зеркалом в этом эксперименте составлял 3-4 недели. Однако впоследствии, авторам не удалось воспроизвести эти результаты с другой группой тамаринов (Hauser et al., 2001). Пять макаков-резусов (*Macaca mulatta*), в вольерах которых постоянно было установлено зеркало, и которым были вживлены импланты для снятия электрофизиологических показателей, при наличии зеркала в десять раз чаще прикасались к зоне установки импланта, чем в его отсутствие (Rajala et al., 2010). Тот факт, что

слабые и привычные проприоцептивные ощущения от импланта привлекали большее внимание обезьян при наличии дополнительной зрительной информации (отражения импланта в зеркале), может указывать на то, что на внимание к метке оказывает влияние комплекс факторов. При наличии зеркала эти обезьяны чаще прикасались и к своим гениталиям. Однако в тесте с меткой, проведенном с двумя из этих макаков, был вновь получен отрицательный результат.

Недавно появились данные, указывающие на то, что макаков-резусов (*Macaca mulatta*) можно обучить пониманию свойств отражающей поверхности зеркала, и в после этого они, как и понгиды, начинают рассматривать свое отражение (Chang et al., 2015; Chang et al., 2017). В первом исследовании этих авторов (Chang et al., 2015) семерых макаков-резусов, закрепленных в кресле перед зеркалом, обучали связывать зрительный стимул с соматосенсорным – прикасаться к световому пятну от лазера, которое проецировали на их лицо (вначале использовали большую мощность лазера, при которой он ощущался кожей, а затем постепенно мощность уменьшали). В тесте, когда цвет светового пятна изменили, либо использовали метку, нанесенную красителем, пять из семи обезьян прикасались к метке при наличии зеркала, но не делали это в его отсутствии. Сами по себе эти данные свидетельствуют лишь о том, что макаки научились использовать информацию, полученную из отражения, для обнаружения пятна и контроля над собственными движениями. Однако тот факт, что в вольере все семь обезьян начали явно рассматривать отражение тех частей своего тела, которые обычно находятся вне поля зрения, свидетельствует о том, что в результате длительного обучения они поняли свойства отражающей поверхности и, после этого, узнали свое отражение. Такого поведения не отмечали у обезьян контрольной группы, с которыми обучения не проводили (Chang et al., 2015).

Во второй работе (Chang et al., 2017) макак-резусов (*Macaca mulatta*), закрепленных в кресле перед зеркалом, обучали дотрагиваться до того из

двух синих резиновых зажимов, фиксирующих его голову, на которое проецировали световое пятно от лазерной указки (оно могло попадать в их периферическое поле зрения). После завершения обучения провели тест, в котором световое пятно проецировали на лицо животного. Ни один из макаков не прикасался к световому пятну на своем лице, несмотря на то, что правильные действия подкрепляли. Эти результаты могут свидетельствовать о том, что умение использовать информацию, получаемую из отражения, не обязательно свидетельствуют о понимании свойств отражающей поверхности. Поэтому далее обучение продолжили, видоизменив не только внешний вид зажимов (поверх использовавшихся ранее – синих резиновых округлой формы – закрепили кубы из серебристого картона), но и условия задачи – обезьяны получали подкрепление только в том случае, если прикасались именно к световому пятну, а не к любому участку зажима. После завершения второго этапа обучения, когда световое пятно проецировали на лицо обезьян, все три макака прикасались к нему. Далее с ними провели тест с меткой, нанесенной красителем, и получили положительный результат как в кресле, так и в вольере. Более того, в вольере эти три макака начали рассматривать отражение тех частей своего тела, которые обычно находятся вне поля зрения. Никогда ранее у макаков такое поведение зафиксировано не было. Контрольная группа макаков, которые провели столько же времени в кресле перед зеркалом, но которых ничему не обучали, не справились с тестом с меткой и не начали изучать свое отражение (Chang et al., 2017). Последний факт подтверждает ранее полученные этими авторами данные (Chang et al., 2015), что длительное обучение использованию информации, полученной из отражения, для обнаружения метки и контроля над собственными движениями, может привести к пониманию свойств отражающей поверхности и узнаванию своего отражения (Chang et al., 2017).

Весьма скромный, но все же положительный эффект обучения был получен в работе с японскими макаками (*Macaca fuscata fuscata*), которых

обучали использовать зеркало для поиска приманки, находящейся вне поля зрения (Itakura, 1987). После этого два макака достоверно дольше смотрели в направлении зеркала когда они были помечены, по сравнению с ситуацией, когда метки не было. Когда обычную метку заменили на искусственный цветок, прикрепленный на длинной проволоке к ошейнику таким образом, что он оказывался над головой обезьяны вне поля ее зрения, эти же два макака при наличии зеркала несколько раз трогали цветок, в отличие от двух других обезьян, которых ранее ничему не обучали (Itakura, 1987).

В остальных работах, в которых обезьян обучали использовать информацию, полученную из отражения, они так и не проявили признаков самоузнавания. Например, из трех свинохвостых макаков (*Macaca nemestrina*), обученных смотреть в направлении своего отражения, в тесте лишь один и только однажды прикоснулся к метке (Thompson, Boatright-Horowitz, 1994). Три капуцина, обученные прикасаться к метке на стенах экспериментальной клетки, а затем и к метке, нанесенной на участки тела, находящиеся в поле их зрения, при наличии зеркала не прикасались к метке на лбу (Roma et al., 2007).

В целом, результаты многочисленных независимых исследований позволяют заключить, что в подавляющем большинстве случаев приматы, не относящиеся к понгидам, не демонстрируют поведения, свидетельствующего об изучении свойств зеркала или себя в отражении, и не обнаруживают признаков самоузнавания по результатам теста с меткой. Это коррелирует с данными о том, что их высшие когнитивные способности развиты несколько слабее, чем у понгид (Flemming et al., 2011; Hopkins, Washburn, 2002; Reader, Laland, 2002; Spinozzi et al., 2003). Если понгидам для понимания свойств отражающей поверхности и узнавания своего отражения было достаточно самостоятельного ознакомления с зеркалом, то макакам-резусам для этого потребовалось длительное обучение решению задачи, основанной на использовании информации, получаемой из отражения (Chang et al., 2017). С другой стороны, данные о том, что макаки-резусы после обучения все же

способны понять свойства отражающей поверхности и узнать свое отражение, подтверждают идею о том, что способность к самоузнаванию не появилась внезапно только у предков гоминид, а постепенно эволюционировала вместе с другими высшими когнитивными способностями (Tomasello, Call, 1997; de Waal et al., 2005; de Waal, 2019).

Последнюю мысль подтверждают данные о положительных результатах теста с меткой у представителей других ветвей эволюции, характеризующихся высоким уровнем развития когнитивных способностей: у хоботных и китообразных (Morrison, Reiss, 2018; Plotnik et al., 2006; Reiss, Marino, 2001), а также у врановых птиц (Buniyaadi et al., 2019; Clary, Kelly, 2016; Prior et al., 2008).

Слоны, дельфины и лошади. В первом исследовании способности индийских слонов (*Elephas maximus*) к самоузнаванию в тесте с меткой был получен отрицательный результат, хотя оба участвовавших в эксперименте животных успешно использовали отражение для обнаружения приманки, находящейся вне поля их зрения без целенаправленного обучения (Povinelli, 1989). Эти данные свидетельствуют о том, что способность использовать информацию, получаемую из отражения, не обязательно свидетельствует о понимании свойств отражающей поверхности. Одной из причин отрицательного результата теста с меткой могло быть то, что авторы использовали относительно небольшое (105 x 241 см) зеркало, которое было установлено вне пределов досягаемости животных и не было доступно для непосредственного обследования хоботом - одним из главных источников информации для слонов.

В следующем исследовании способности индийских слонов к самоузнаванию был получен положительный результат (Plotnik et al., 2006). В нем большое зеркало (244 x 244 см) было установлено в большом загоне, в котором в ходе ознакомления и тестирования находились два слона (метку наносили только на одного). В этих условиях животные имели возможность непосредственно обследовать зеркало, заглянуть за него, и, кроме того, могли

видеть не только свое отражение, но и отражение знакомого конспецифика, что могло облегчить понимание свойств отражающей поверхности. Все три слона в процессе ознакомления с зеркалом демонстрировали поведение, сходное с тем, что описано для человекообразных обезьян, и которое можно интерпретировать, как изучение его свойств – прикасались к зеркалу, заглядывали за него, совершали перед зеркалом повторяющиеся движения (Plotnik et al., 2006). В тесте поведение слонов оценивали и сравнивали в следующих условиях: без метки при наличии зеркала и в его отсутствии; с бесцветной меткой в отсутствии зеркала; с двумя метками (контрастной на одной стороне головы и бесцветной на другой) при наличии зеркала. Один слон из трех (самка Хэппи) в первой тестовой сессии (но не в последующих) при наличии зеркала достоверно чаще прикасалась к помеченной контрастной меткой голове, чем в других условиях. Тот факт, что животные привыкают к метке и при повторном тестировании проявляют к ней меньше внимания, был выявлен и в других исследованиях – например у шимпанзе (Povinelli et al., 1993) и у дельфинов (Reiss, Marino, 2001). То, что только один слон из трех проявил внимание к метке перед зеркалом, вновь демонстрирует высокую степень индивидуальных различий, обнаруживаемых в этом тесте.

У дельфинов положительный результат в тесте с меткой был вначале обнаружен у двух взрослых афалин (*Tursiops truncatus*; Reiss, Marino, 2001), а затем и у двух молодых (Morrison, Reiss, 2018).

Взрослые дельфины (13-ти и 17-ти лет) перед проведением теста четыре года жили в бассейне с тремя стеклянными (т.е. отражающими) стенами (Reiss, Marino, 2001). Авторы сравнивали поведение афалин перед зеркалом и в его отсутствии, в то время как животные были либо не помечены, либо помечены черным (контрастным) или бесцветным маркером. Метку (диаметром 6.5 см) наносили на разные участки передней половины тела животных. Оказалось, что дельфины проводили достоверно больше времени перед зеркалом, когда были помечены контрастной меткой. Именно перед зеркалом (и только тогда, когда метка была контрастной, а не

бесцветной) они достоверно чаще ориентировали свое тело таким образом, чтобы в нем отражалась зона нанесения метки, что можно интерпретировать как ее изучение в отражении.

Позже этот результат был подтвержден в исследовании с двумя молодыми афалинами (Morrison, Reiss, 2018). В начале эксперимента этим животным было только 3 (самка Бейли) и 14 (самец Фостер) месяцев. В их бассейн один или два раза в две недели на один час помещали либо зеркало, либо неотражающую пластину (либо не помещали ни того, ни другого) и в каждом случае производили видеозапись поведения животных. Анализ видеозаписей пятидесяти семи таких сессий показал, что оба дельфина чаще совершали определенные движения именно перед зеркалом (например, пускали пузыри или располагались горизонтально и вращались на 360 градусов). Такое поведение перед зеркалом преобладало у Фостера с первой сессии, а у Бейли начало преобладать с 9 сессии, когда она достигла возраста 7 месяцев. Когда каждый из дельфинов достиг двухлетнего возраста, начали проводить тест с меткой: с Бейли провели три тестовые сессии (с промежутком между ними в 8.5 и 1.5 месяца), а с Фостером - девять (с промежутком от нескольких недель до года). Анализировали поведение животных до мечения и после (использовали только контрастный краситель). В первом тесте у обоих дельфинов результат оказался положительным: после нанесения метки дельфины достоверно чаще ориентировали свое тело перед зеркалом таким образом, чтобы в нем отражалась зона метки, по сравнению с периодом времени до ее нанесения. У Бейли результаты второго теста были неоднозначными, а в третьем она не подплыла к зеркалу после мечения. У Фостера положительный результат кроме первой сессии был выявлен в последних четырех; результаты двух тестов были неопределенными, одного - отрицательным, и один раз он не подплыл к зеркалу после мечения. Таким образом, у молодых дельфинов при помощи теста с меткой также были обнаружены признаки узнавания своего отражения.

Положительный результат в тесте с меткой был получен у трех лошадей (*Equus caballus*). В данном исследовании (Baragli et al., 2021) авторы сравнивали сначала поведение непомеченного животного перед зеркалом и в его отсутствие; а затем – поведение перед зеркалом животного, помеченного либо контрастной, либо неконтрастной меткой. Предварительного ознакомления со свойствами отражающей поверхности с лошадьми не проводили. Метку на основе водорастворимого геля для ультразвуковых исследований, бесцветную или контрастную (в этом случае в нее добавляли синий или желтый краситель) наносили на обе щеки лошади. Три лошади из одиннадцати достоверно дольше терли зону нанесения метки о поверхность в случае, если метка была контрастной.

Следует отметить, что предыдущее, пилотное исследование этих авторов (Baragli et al., 2017) выявило методологические проблемы. В этом эксперименте в одной из экспериментальных сессий контрастную метку наносили на правую, а неконтрастную – на левую щеку лошади, а в другой сессии их меняли местами. Одна из четырех лошадей достоверно дольше терла зону нанесения контрастной, чем неконтрастной метки – но только в случае, когда контрастная метка была слева. Возможно, это связано с расположением зеркала: оно находилось слева от стартового положения лошади в L-образной арене. Во втором эксперименте (Baragli et al., 2021) эти недостатки методики устранили: зеркало расположили на одной линии со стартовым положением; метку, контрастную или неконтрастную, наносили на обе щеки лошади.

Врановые птицы и попугаи. Первые данные о способности птиц к узнаванию своего отражения были получены в исследовании на сороках *Pica pica* (Prior et al., 2008). Птицам дали возможность ознакомиться со свойствами зеркала в течении 250 мин: сначала 5 сессий по 30 мин в большом вольере и затем 5 сессий по 20 мин в экспериментальной клетке (120 x 100 x 60 см). В тесте поведение пяти сорок оценивали и сравнивали в четырех условиях: с контрастной (красной или желтой) или с неконтрастной

(черной) меткой при наличии зеркала и в его отсутствии (по две 20-минутные сессии с каждым). Метку (кусочек самоклеящегося стикера диаметром 8 мм и весом 16 μg ; вероятно, в статье опечатка и авторы имели в виду не микрограммы - μg , а миллиграммы - мг) наклеивали на верхнюю часть шеи (сразу под клювом) при помощи дополнительного кусочка двустороннего скотча. Две сороки из пяти проявили признаки узнавания своего отражения: при наличии зеркала достоверно чаще прикасались к шее, на которую была наклеена контрастная метка (и успешно счищали ее), по сравнению с сессиями, в которых зеркала не было или метка была черная (Prior et al., 2008). Например, одна из сорок в двух 20-минутных сессиях с зеркалом и с контрастной меткой совершила суммарно 14 действий, направленных на зону метки, и 4, направленные на другие части тела; а в двух сессиях без зеркала – 1 и 9 соответственно ($p < 0.005$, точный тест Фишера). С неконтрастной (черной) меткой аналогичные показатели – 4/13 и 1/10, что свидетельствует о том, что птицы метку не ощущали. Тот факт, что положительный результат был получен не у всех, а лишь у двух птиц из пяти, снова указывает на значительные индивидуальные различия и необходимость индивидуального анализа подобных данных.

В исследовании на ореховках Кларка (*Nucifraga columbiana*; Clary, Kelly, 2016) предварительного ознакомления со свойствами отражающей поверхности зеркала не проводили. В первой серии экспериментов оценивали влияние зеркала на интенсивность запасаения пищи. Известно, что в присутствии конспецифика сойки реже прячут пищу, поскольку она, скорее всего, будет украдена (Clary, Kelly, 2011). Этот факт авторы использовали для того, чтобы выяснить, как ореховки воспринимают свое отражение в зеркале. Сравнивали число запасенных орехов в разных условиях: если в смежной клетке за прозрачной стенкой не было конспецифика или он был; а также, если вместо прозрачной стенки между смежными клетками было установлено обычное или мутное зеркало. Авторы использовали мутное зеркало, дающее размытое отражение (позволяющее заметить сопряженность

собственных движений и движений отражения, но не распознать мелкие детали), поскольку, по их мнению, такое отражение больше соответствует тому, что птицы могли видеть на поверхности воды в природе. Оказалось, что в двух ситуациях (в присутствии конспецифика или при наличии обычного зеркала) ореховки прятали достоверно меньше орехов, чем двух других (когда они были одни или с мутным зеркалом, Clary, Kelly, 2016). Эти результаты, по мнению авторов, свидетельствуют о том, что ореховки узнавали свое отражение именно в мутном зеркале. Хотя они могут указывать также и на то, что отражение в обычном зеркале они воспринимали как конспецифика (и поэтому не запасали пищу), а отражение в мутном зеркале не распознавали и не обращали на него внимания.

В тесте с меткой поведение ореховок сравнивали в трех условиях (всего 18 двадцатиминутных сессий): с обычным или с мутным зеркалом, и с непрозрачной (не отражающей) перегородкой. В каждой из этих ситуаций птица могла быть либо не помечена (но после процедуры имитации мечения); либо помечена серой (неконтрастной) или красной (контрастной) меткой. Метку (кусочек самоклеящегося стикера диаметром 6 мм и весом 6000-8000 μg) наклеивали на среднюю часть шеи. Две ореховки совершали достоверно больше действий, направленных на красную (контрастную) метку при наличии обоих типов зеркал, а четыре птицы - только при наличии мутного зеркала. Четыре оставшиеся ореховки чаще обращали внимание на красную (но не на серую - неконтрастную) метку в отсутствии зеркала, что может указывать на то, что метка попадала в поле их зрения. Положительный результат теста у шести птиц свидетельствует о том, что некоторые ореховки узнают свое отражение, причем некоторые из них делают это лучше с мутным зеркалом (Clary, Kelly, 2016). Тот факт, что 4 из 10 птиц, вероятно, могли видеть наклеенную на шею метку, указывает на то, в экспериментах с птицами для нанесения метки лучше использовать голову.

Однозначный положительный результат в тесте с меткой был получен в исследовании на домовых воронах (*Corvus splendens*; Buniyaadi et al., 2019).

Ознакомление с зеркалом (по две 30-минутные сессии в ходе четырех дней, в одной из которых зеркало было повернуто внутрь клетки отражающей стороной, а во второй – неотражающей), как и тест, проводили в небольших жилых клетках (100 x 80 x 80 см). Зеркало было установлено под небольшим углом к стенке клетки, так что птицы могли заглянуть за него. В тесте поведение ворон сравнивали в четырех условиях: с контрастной (красной или желтой) или с неконтрастной (черной) меткой при наличии зеркала и в его отсутствии (по две 20-минутные сессии с каждым). Метку (кусочек стикера диаметром 7 мм и весом 4.5 мг) наклеивали на середину черной манишки на шее ворон. Четыре вороны из шести при наличии зеркала достоверно чаще прикасались к шее, когда на нее была наклеена контрастная (красная или желтая), но не черная (неконтрастная) метка. Например, одна из ворон в двух 20-минутных сессиях с зеркалом и с контрастной меткой 2 раза чистила шею лапой и 14 раз – клювом, тогда как в других условиях она шею вообще не чистила. Таким образом, результаты этой работы (Buniyaadi et al., 2019), подтверждают способность некоторых врановых птиц узнавать свое отражение (Prior et al., 2008). Тот факт, что только у четырех ворон из шести был получен положительный результат, вновь указывает на значительные индивидуальные различия и на необходимость индивидуального анализа подобных данных.

Наряду с этим, в нескольких исследованиях с врановыми птицами и попугаями в тесте с меткой был получен отрицательный результат. Признаков самоузнавания по результатам теста с меткой не было обнаружено у галок (*Corvus monedula*; Soler et al., 2014); сорок (Soler et al., 2020); кеа и какаду Гоффина (*Nestor notabilis*, *Cacatua goffini*; van Buuren et al., 2019), черных, серых ворон, и их гибридов (*Corvus corone* spp.; Vanhooland et al., 2019); калифорнийских соек (*Aphelocoma californica*; Clary et al., 2020) и черных ворон (*Corvus corone corone*; Brecht et al., 2020).

Исследование на галках (Soler et al., 2014) в целом повторяло методику работы с сороками (Prior et al., 2008), однако некоторые особенности

методики могли обусловить его отрицательный результат. Галки, в отличие от сорок, могли ознакомиться со свойствами зеркала (270 минут; зеркало было установлено так, что за него можно было заглянуть) только в экспериментальной камере с фанерными стенками, полом и потолком - подобная однородная среда могла затруднять установление соответствия между отраженным и реальным пространством. Метку (круглый кусочек самоклеящегося стикера диаметром 6 мм и весом 2376 μg) наклеивали не на верхнюю часть шеи, как в исследовании с сороками, а на нижнюю часть серой манишки. При таком расположении метка могла попадать в поле зрения птицы при наклонах и поворотах ее головы, как она попадала в поле зрения некоторых ореховок Кларка (Clary, Kelly, 2016). С каждой из девяти галок провели по одной 20-минутной сессии для каждого из четырех условий: с контрастной или с неконтрастной меткой при наличии зеркала и без него. Ни у одной из девяти галок не было обнаружено признаков самоузнавания (Soler et al., 2014): птицы одинаково редко проявляли внимание к зоне нанесения контрастной метки, как перед зеркалом, так и без него. Например, наиболее активная галка за 20 минут совершила 6 действий, направленных на зону контрастной метки при наличии зеркала, и 8 в его отсутствии (при этом другие части тела за каждую из этих 20-минутных сессий она вообще не чистила). Тот факт, что галки одинаково реагировали на контрастную метку как перед зеркалом, так и без него, по мнению авторов, свидетельствовал о том, что они ощущали наклеенную на оперение метку (Soler et al., 2014). Однако с этим выводом не согласуются данные о том, что галки не проявляли внимания к черной (неконтрастной) метке ни перед зеркалом, ни в его отсутствие. По нашему мнению, это свидетельствует о том, что наклеенная на нижнюю часть шеи метка могла попадать в поле зрения птиц при наклонах и поворотах головы.

Отрицательный результат был получен и в эксперименте с сороками (Soler et al., 2020). Этот эксперимент также частично повторял методику другого эксперимента с сороками (Prior et al., 2008). Птицы в этом

эксперименте могли ознакомиться со свойствами отражающей поверхности в экспериментальной клетке (160 x 100 x 80 см) в течение трех 50-минутных сессий. Зеркало было установлено так, что птицы могли заглянуть за него. Большую (диаметром 10 мм и весом 3960 μ g) или малую (6 мм, 2375 μ g) метку из самоклеящегося стикера наклеивали на верхнюю часть шеи. С каждой из восьми сорок провели по две 20-минутных сессии (по одной сессии с большой и с малой меткой) для каждого из четырех условий: с контрастной меткой при наличии зеркала; с неконтрастной меткой при наличии зеркала; с контрастной меткой без зеркала; с неконтрастной меткой без зеркала. В тесте был получен отрицательный результат. Птицы редко проявляли внимание к зоне нанесения метки как при наличии зеркала, так и без него. Лишь одна из восьми сорок один раз дотронулась до зоны нанесения метки (и один раз до живота) при наличии зеркала, когда она была помечена контрастной меткой (в других экспериментальных сессиях эта птица аналогичных действий не выполняла). Еще одна птица более активно чистила зону метки и остальные зоны тела, когда была помечена большой контрастной меткой в отсутствии зеркала, что может указывать на то, что в этой сессии она ощущала нанесенную на нее метку (тем не менее, различие статистически незначимо).

Отрицательный результат был получен в исследовании на черных воронах (*Corvus corone corone*), серых воронах (*Corvus corone cornix*) и гибридах этих двух видов (всего на восьми птицах; Vanhooland et al., 2020). Перед этапом ознакомления, для того чтобы приучить птиц к экспериментальной установке, не вызвав при этом привыкания к зеркалу, в жилых вольерах на месяц установили затянутый фольгой каркас, в который позже вставляли зеркало. После этого птицам дали возможность ознакомиться со свойствами зеркала сначала в жилом вольере в присутствии конспецификов (9.6 x 10 x 5 м для шести птиц и 2 x 10 x 5 м для двух других; 190 мин), а затем в больших отдельных вольерах (3.8 x 7 x 5 м для пяти птиц и 2 x 10 x 5 м для трех других; 200 мин). В отдельных вольерах, для того,

чтобы привлечь внимание птиц к зеркалу перед ним несколько раз размещали кусочки сыра. Поскольку ознакомлени проходило в больших вольерах и птицы большую часть времени проводили не перед зеркалом, авторы оценивали время, проведенное каждой вороной рядом с ним: к концу этапа ознакомления для каждой птицы оно составило не менее 10 мин.

Метку (пятно растворенного в глицерине красного или синего пищевого красителя или чистого глицерина в качестве неконтрастной метки) наносили на середину черной манишки на шее птиц. Вначале птиц приучили к процедуре, имитирующей мечение: экспериментатор подкармливал птицу и одновременно притрагивался сухой кистью к ее шее (одну из восьми птиц к этой процедуре приучить не удалось, и она в тесте не участвовала). Для того, чтобы выяснить, реагируют ли птицы на метку, если она находится в поле их зрения, сначала метку наносили на живот, крылья или ноги ворон. Все восемь птиц счищали желтые и красные метки, и не обращали внимания на бесцветную. Далее, с каждой из семи ворон провели по две 20-минутные сессии для каждого из четырех условий: с контрастной или с бесцветной меткой при наличии зеркала и в его отсутствие. Тест также проводили в больших вольерах: с пятью птицами в вольере размером 3.8 x 7 x 5 м, а с тремя другими – в вольере 3 x 6 x 3 м. Хотя птицы, помеченные контрастной меткой, проводили перед зеркалом достоверно больше времени, чем перед заменяющей его не отражающей поверхностью, ни одна из семи ворон при наличии зеркала не чистила шею, на которую была нанесена контрастная метка, чаще, чем в трех других условиях. Лишь одна из семи птиц один раз перед зеркалом пыталась чистить клювом зону нанесения контрастной метки. По мнению авторов, одной из причин отрицательного результата могло быть то, что в отличие от предыдущих других работ с птицами, и ознакомление и тест проводили в больших вольерах, в которых вороны проводили перед зеркалом лишь малую часть времени. Другое возможное объяснение связано с новым типом мечения, благодаря которому можно с большей уверенностью

заявить, что птицы не ощущали метку. Кроме того, отрицательный результат теста мог быть обусловлен индивидуальными различиями.

Признаков самоузнавания в тесте с меткой не было обнаружено у 12 самцов черной вороны (*Corvus corone corone*), из которых восемь птиц были взрослыми, а четверо подростками в возрасте 3-15 месяцев (Brecht et al., 2020). Ознакомление с зеркалом сначала проводили в жилом вольере в присутствии конспецификов (8 дней), а затем в отдельных клетках (105 x 105 x 140 см; две 30 минутные серии). Метку наносили на горло птицы с помощью жидкого мелового маркера. Далее с каждой птицей провели по две 20-минутные сессии для каждого из четырех условий: с желтой меткой при наличии зеркала и в его отсутствии, а также с бесцветной меткой при наличии зеркала и в его отсутствии. Наличие зеркала не увеличивало внимания птиц к желтой метке. Девять ворон вообще ни разу не чистили зону метки (и все птицы лишь в единичных случаях чистили другие части тела). Проведенный через полгода дополнительный эксперимент показал (Brecht et al., 2020), что лишь семь ворон из двенадцати проявляли внимание к контрастной метке, нанесенной на крыло (потенциально находящейся в поле зрения).

Отрицательный результат в тесте с меткой был также получен у калифорнийских соек (Clary et al., 2020). Методика этого эксперимента повторяла ту, что ранее была использована с ореховками Кларка (Clary, Kelly, 2016). Как и в ранее проведенном исследовании семи птицам не дали возможности ознакомиться со свойствами отражающей поверхности. Авторы вначале оценивали влияние зеркала на интенсивность запасаения пищи. Для этого сравнивали число запасенных орехов в разных условиях: если в смежной клетке за прозрачной (или за полупрозрачной - с покрытием, имитирующем изморозь) перегородкой не было сородича или он был; а также если в качестве перегородки устанавливали обычное или мутное зеркало. Результаты оказались трудно интерпретируемыми: наличие сородича за прозрачной перегородкой не уменьшало число запасенных

орехов, тогда как сойки прятали достоверно меньше орехов при наличии обычного зеркала и рядом с полупрозрачной перегородкой, за которой не было конспецифика.

Перед проведением теста с меткой сойкам дали возможность дополнительно ознакомиться со свойствами зеркала, которое было установлено таким образом, что птица могла заглянуть за него (десять 20-минутных сессий). Метку (кусочек самоклеящегося стикера диаметром 6 мм и весом 4000-6000 μg) наклеивали на середину шеи птицы. В тесте сравнивали поведение птиц в трех условиях: с обычным или с мутным зеркалом и с неотражающей перегородкой. При этом птицы были либо не помечены, либо помечены красной (контрастной), либо бело-серой (неконтрастной) меткой. Ни одна из соек перед зеркалом не совершала больше действий, направленных на зону нанесения метки, чем в его отсутствии. Более того, две сойки из семи выполняли больше действий, направленных на зону нанесения метки, в отсутствие зеркала. Авторы объясняют этот факт неудачно наклеенной в этих двух случаях меткой, которую птицы, вероятно, могли ощущать. Тот факт, что две сойки из семи были более внимательны к своим ощущениям в отсутствии зеркала, может свидетельствовать о том, что 200 минут ознакомления со свойствами зеркала было для них недостаточно.

В тесте с меткой у попугаев (семи кеа и семи какаду Гоффина) был получен отрицательный результат (van Buuren et al., 2019). С кеа ознакомление с зеркалом проводили в жилом вольере в присутствии конспецификов, где зеркало было установлено вертикально таким образом, чтобы птицы могли заглянуть за него (десять ознакомительных сессий по 50 мин каждая). С каждым какаду сначала провели двенадцать 10-минутных сессий в отдельных клетках (75 x 75 x 40 см), а затем ознакомление продолжили в жилом вольере, куда зеркало помещали на несколько часов в день в течение двух недель (его либо располагали на полу горизонтально, моделируя отражающую поверхность воды, либо устанавливали вертикально

таким образом, чтобы птицы могли заглянуть за него). Таким образом, во время ознакомления птицы обоих видов могли сопоставить свое отражение с отражениями знакомых сородичей. Для того облегчить узнавание отраженного пространства в вольеры помещали разноцветные игрушки. Авторы отмечают, что почти все социальные демонстрации наблюдались перед вертикальным, а не перед горизонтальным зеркалом, что они объясняют тем, что отражение в горизонтальной поверхности птицы могли видеть ранее (van Buuren et al., 2019).

Для какаду в качестве метки использовали либо кусочки красных бумажных стикеров диаметром 8 мм (если метку наносили на лоб или живот птицы; живот метили для того, чтобы оценить, склонны ли попугаи счищать метку, которая потенциально попадает в поле зрения), либо кусочки синей или красной изоленты (5x2 мм), если метку наносили на подклювье. Пилотный эксперимент с другими особями кеа показал, что они не склонны счищать с оперения посторонние объекты, поэтому для них авторы использовали более заметные метки - зерновые хлопья, которые мёдом приклеивали к их оперению на лоб или живот птиц.

В тестовых сессиях птицу либо метили, либо имитировали процедуру мечения. Попугая помещали в отдельную клетку (100 × 90 × 60 см для кеа и 75 × 75 × 40 см для какаду), где были установлены либо два зеркала (одно из зеркал было закреплено на стенке клетки, а другое лежало на полу так, что их грани соприкасались), либо две неотражающие поверхности. Каждое из зеркал (или заменяющих их неотражающих поверхностей) открывали поочередно на две минуты (по три 2-минутных сессии для каждого из условий с какаду и по две сессии с кеа). Сравнивали поведение птиц в четырех условиях: с меткой или без метки при наличии зеркала и в его отсутствии. Кроме того, анализировали влияние места нанесения метки (она была на животе в четырех из двенадцати сессиях, проведенных с какаду, и в шести из восьми сессий, проведенных с кеа). Ни одна из птиц при наличии зеркала не чистила зону метки, если она была нанесена на участки тела,

находящихся вне поля зрения (лоб или подклювье) чаще, чем без него. Лишь пять кеа из семи и два какаду из семи снимали метку с живота (т.е. с участка тела, потенциально находящегося в поле зрения), как при наличии зеркала, так и в его отсутствии, причем кеа делали это достоверно чаще при наличии зеркала. Таким образом, не все попугаи были склонны счищать метку, даже если она потенциально находилась в поле их зрения.

Для того чтобы выяснить, влияет ли на внимание к метке присутствие помеченного сородича (эффект социального облегчения; Belletier et al., 2019), с кеа провели дополнительный тест, в котором сравнивали поведение птицы в четырех условиях: если помеченный попугай находился в клетке с зеркалом или без него; и если в смежной клетке за прозрачным экраном находился помеченный или непомеченный сородич (основной субъект при этом был не помечен). В качестве метки использовали зерновые хлопья, которые наклеивали на лоб или шею, или пучки коротких ярко окрашенных перьев, которые при помощи кусочков клейкой ленты размером 5x5 мм наклеивали на лоб. Влияние наличия помеченного сородича (или наличия зеркала) на внимание кеа к метке вновь обнаружено не было. Пять кеа из семи в любых условиях чаще обращали внимание на метку на шее (но не на метку на лбу), что, по мнению авторов, свидетельствует о том, что они ее ощущали (van Vuuren et al., 2019). Это вновь указывает на то, шея у птиц не является подходящей зоной для мечения.

Противоречивость полученных для врановых птиц и попугаев результатов может быть обусловлена особенностями использованных методик, а также межвидовыми и/или индивидуальными различиями.

Прочие птицы. Способности к самоузнаванию у других видов птиц (не относящихся к врановым и попугаям) выявлено не было. Оценка поведения нескольких видов птиц перед зеркалом обнаружила у них только социальное поведение: например, у голубей (*Columba livia*; Cohen, Looney, 1973); яванских воробьев (*Padda oryzivora*; Watanabe, 2002); фламинго (*Phoeniconais minor*; Pickering, Duverge, 1992).

Из птиц, не относящихся к врановым или попугаям, тест с меткой провели с 58 большими синицами (*Parus major*, Kraft et al., 2017). Единственный статистически достоверный результат, полученный в этом исследовании, заключался в том, что выращенные человеком синицы (20 из 58) больше времени смотрели в сторону зеркала, чем птицы, отловленные в дикой природе.

Тот факт, что голубей можно обучить использовать зеркало для поиска мишени, за клевание которой их подкрепляют, впервые обнаружили Эпштейн с соавторами (Epstein et al., 1981). Вначале они обучили трех голубей клевать метку, нанесенную на часть тела, потенциально находящуюся в поле их зрения (нижнюю часть шеи, грудь, живот, крыло). Метка представляла собой круглый кусочек синего самоклеящегося стикера диаметром 1 см. Затем в клетку помещали зеркало, и голубей обучали клевать такую же метку, нанесенную на разные участки стен или пола камеры. После завершения обучения метку наклеивали на грудь голубя, и надевали на его шею нагрудник, прикрывающий ее (по мнению авторов, в этой ситуации птица могла увидеть метку только в отражении). Все три голубя только при наличии зеркала совершали движения головой в направлении метки (клюнуть ее им мешал нагрудник). Позднее этот эксперимент повторяли как с положительным (Uchino, Watanabe, 2014; Cardinal et al., 1999; Christensen et al., 2004, но последние две работы опубликованы только в виде тезисов, и особенности использованной в них методики нам неизвестны), так и с отрицательным результатом (Thompson, Contie, 1994). Эти результаты могут свидетельствовать о том, что голуби научились использовать информацию, полученную из отражения, для обнаружения метки и контроля над собственными движениями, но ничего не говорят о понимании свойств отражающей поверхности.

Действительно ли голуби научились использовать информацию, полученную из отражения, так же остается под вопросом, поскольку недавно было обнаружено, что ширина поля их зрения сильно недооценена (Unver et

al., 2017). Оказалось, что голуби, обученные находить приманку, предположительно, видимую только в отражении (помещенную коробку, обращенную открытой стороной к зеркалу), перестали ее находить после того, как им заклеили глаз, обращенный к открытой стороне коробки (более того, они начали пытаться пройти к отражению приманки сквозь зеркало). Эти результаты свидетельствуют о том, что приманка все время находилась в поле их зрения и они не использовали отражение для ее поиска (Unver et al., 2017), и что чрезвычайно широкое поле зрения птиц (например, у голубей в горизонтальной плоскости оно составляет 220° ; (Jahnke, 1984) необходимо учитывать при планировании подобных экспериментов.

Рыбы. Подавляющее большинство накопленных к настоящему времени данных указывает на то, что узнавание своего отражения требует высокого уровня развития мозга и мышления.

Этой точке зрения вполне соответствуют отрицательные результаты теста с меткой, проведенного с цихлидами Танганьики (*Neolamprologus pulcher*) - рыбами, для которых ранее было описано сложное социальное поведение (Hotta et al., 2018). Девяти цихлидам в течение 15 дней дали ознакомиться со свойствами отражающей поверхности: зеркало было установлено в их индивидуальных жилых аквариумах ($45 \times 30 \times 30$ см). Рыб метили подкожным введением (за левым или за правым глазом) бесцветного или коричневого жидкого эластомера (зона нанесения - 1-2 кв. мм). Сравнивали поведение рыб в четырех условиях: без метки или с прозрачной меткой при наличии зеркала; с коричневой меткой при наличии зеркала и в его отсутствии. Оба исследуемых показателя (время, проведенное перед зеркалом, и число актов чистки зоны метки) у помеченных коричневой меткой рыб при наличии зеркала не отличались от таковых в трех других условиях.

Однако у двух скатов мант (*Manta birostris*; Ari, d'Agostino, 2016), для которых описано сложное социальное поведение, и которые обладают мозгом с относительно высоким коэффициентом энцефализации (Ari, 2011),

были обнаружены признаки нестандартного поведения перед зеркалом. Авторы сравнивали поведение скатов, когда в их бассейне было установлено зеркало, и когда зеркало или убрали, или заменяли непрозрачной панелью. Оба ската проводили достоверно больше времени перед зеркалом, чем в той же зоне бассейна, когда зеркала в ней не было. Именно перед зеркалом они совершали достоверно больше специфических поведенческих актов, таких как движения головными плавниками (так называют видоизмененную переднюю часть грудных плавников мант) и плавание по кругу рядом с зеркалом. Может ли это поведение быть рассмотрено как нечто большее, чем просто социальное, остается под вопросом (Stewart et al., 2017). Теста с меткой с мантами не проводили.

Совершенно неожиданным оказался положительный результат теста с меткой у губанов-чистильщиков (*Labroides dimidiatus*; Kohda et al., 2019), что вызвало оживленную дискуссию (de Waal, 2019, Gallup, Anderson, 2020; McCallum, 2019; Vonk, 2020). Десяти рыбам в течение двух недель дали ознакомиться со свойствами отражающей поверхности: зеркало было установлено индивидуальных жилых аквариумах (45 × 30 × 28 см). Как и у других животных, при первом предъявлении зеркала у губанов наблюдались агрессивные реакции на свое отражение, которые затем угасли. У восьми рыб затем появилось новое поведение: быстрое проплывание мимо зеркала и переворачиванием спиной вниз рядом с ним. Тест с меткой проводили только с теми восемью губанами, у которых наблюдалось это поведение. Губанов метили подкожным введением бесцветного или коричневого жидкого эластомера (зона нанесения составила 1-2 кв. мм.). Четырем рыбам метку наносили на брюшную сторону тела рядом с головой, а другим четырем – на левую или правую стороны головы. Оценивали время, проведенное губанами перед зеркалом, когда сторона нанесения метки была обращена к нему, а также время чистки зоны метки (губаны могли тереться соответствующей частью тела о субстрат, как они делают для избавления от эктопаразитов). Сравнивали эти показатели в четырех условиях: без метки и с прозрачной

меткой при наличии зеркала; а также с коричневой меткой при наличии зеркала и в его отсутствии. Влияние наличия бесцветной метки на поведение губанов обнаружено не было. Семь губанов из восьми проводили достоверно больше времени перед зеркалом, повернувшись к нему помеченной стороной, когда метка была коричневой. Три из четырех рыб, у которых была помечена брюшная сторона тела, чаще чистили эту часть тела о субстрат при наличии зеркала и только с коричневой меткой (Kohda et al., 2019).

Эти результаты вызвали оживленную дискуссию (de Waal, 2019, Gallup, Anderson, 2020; McCallum, 2019; Vonk, 2020), поскольку они противоречили представлению о том, что способность к самоузнаванию относится к высшим когнитивным функциям и может быть выявлена лишь у животных со сложно организованным мозгом. Было выдвинуто предположение (de Waal, 2019; Gallup, Anderson, 2020), что положительный результат в тесте с меткой в данном случае может быть обусловлен действием комплекса факторов. Во-первых, экологической специализацией губанов-чистильщиков (они собирают эктопаразитов с кожи других рыб), благодаря чему коричневая, напоминающая эктопаразита метка, гарантированно привлекала их внимание. Во-вторых, типом метки - подкожные метки, подобные использованным, в явном виде не влияют на поведение рыб (Olsen, Vollestad, 2004), но могут оказывать слабое раздражающее воздействие, что в комплексе со зрительной информацией (отражением помеченной рыбы), могло вызвать внимание к зоне метки при наличии зеркала (de Waal, 2019). Это предположение подтверждают ранее упомянутые нами данные о том, что макаки-резусы, которым были вживлены импланты для снятия электрофизиологических показателей, при наличии зеркала в десять раз чаще прикасались к зоне установки импланта, чем в его отсутствие (Rajala et al., 2010), хотя на внимание к нанесенной красителем метке наличие зеркала влияния не оказывало. Некоторые какаду также чаще обращали внимание на потенциально находящуюся в поле зрения метку на животе при наличии зеркала (van Buuren et al., 2019). В-третьих, зеркало могло увеличивать

внимания губанов к метке потому, что они воспринимали свое отражение как помеченного сородича (эффект социального облегчения, Belletier et al., 2019).

Таким образом, для того чтобы выяснить, действительно ли положительный результат теста с меткой у губанов свидетельствует о том, что они узнают свое отражение, необходимо выяснить, влияет ли наличия помеченного сородича на поведение не помеченной или помеченной бесцветным эластомером рыбы. Очевидно, что при проведении теста с меткой с представителями других видов животных, оценка влияния наличия помеченного сородича также является необходимой. Кроме того, Гэллуп и Андерсен (Gallup, Anderson, 2020) в качестве дополнительного контроля предлагают проводить первый тест с меткой до ознакомления исследуемых животных с зеркалом, а второй - после. По их мнению, такая процедура может помочь выявить, связан ли положительный результат теста с узнаванием своего отражения.

1.2.3. Исследование способности использовать зеркало для поиска скрытой приманки

Кроме классического теста с меткой существуют и другие когнитивные тесты, оценивающие способность субъекта использовать свойства отражающей поверхности. Одним из таких тестов является орудийное (instrumental mirror use, Gieling et al., 2014) использование отражающей поверхности для решения задач, например, по добычанию приманки, видимой только в зеркале. Отметим однако, что положительный результат в подобном тесте не говорит о самоузнавании.

С такой задачей, например, справлялись птицы с высокоорганизованным мозгом (врановые и попугаи). Новокаледонские вороны, обученные искать приманку, успешно находили ее при помощи зеркала (Medina et al., 2011). Два попугая (Pepperberg et al., 1995), обученные доставать из коробки предмет, если он относился к числу предпочитаемых, и

не выполнять это действие, если предмет предпочитаемым не был, справлялись с этой задачей и в том случае, если видели не сами предметы, а их отражение в зеркале. Затем их обучили другой задаче: доставать приманку, спрятанную в одной из трех ячеек ящика так, что ее видно только в зеркале. Попугаи успешно доставали предметы, когда количество ячеек увеличили до четырех и изменили положение зеркала, но не справлялись с задачей, если зеркало закрывали.

Способность к спонтанному (т.е. не требующему предварительного обучения методом проб и ошибок) использованию зеркала для обнаружения приманки была обнаружена у свиней (*Sus scrofa*; Broom et al., 2009). Семь из восьми поросят в возрасте 4-8 недель, ранее ознакомленных с зеркалом, направлялись к приманке (миске с кормом), скрытой за преградой и видимой только в зеркале. Один поросенок из этой группы, а также поросята из контрольной группы, не ознакомленные со свойствами отражающей поверхности, увидев в зеркале отражение приманки, искали ее за зеркалом. Чтобы животным было сложнее найти приманку только по запаху, в помещении работал вентилятор. Чтобы удостовериться, что животное при поиске приманки действительно использует зеркало, а не другие стимулы, в т.ч. ольфакторные, в контрольных экспериментальных сессиях зеркало заменили сеткой и приманку разместили за ней, а не за преградой. К приманке, а не к тому месту, где она была ранее, направились шесть поросят из восьми. В заключительном тесте (его провели только с одним животным) за сеткой разместили пустую миску, и поросенок направился к ней, а не к приманке за барьером, которую он не видел и мог найти только по запаху.

В более позднем эксперименте (Gielsing et al., 2014) положительный результат в аналогичном тесте был получен только у трех из одиннадцати поросят, ознакомленных с зеркалом. В контрольной сессии приманку, миску с кормом, разместили за зеркалом (животные могли найти ее только по запаху), а ложную приманку – пустую миску – за преградой (ее можно было видеть в зеркале). К ложной приманке, видимой в зеркале, направились семь

из одиннадцати поросят, ознакомленных с зеркалом, и только один из одиннадцати незнакомленных. Следовательно, поросята могут использовать зеркало для поиска предметов, иначе невидимых. Кроме того, возможно, на результаты второго теста повлиял опыт, полученный поросятами в первом, и, таким образом, для использования свойств зеркала необходимо предварительное ознакомление с ним.

Способность хищных млекопитающих к самоузнаванию при помощи теста с меткой не исследовали. Однако есть некоторые данные о способности домашних собак реагировать на информацию, получаемую из отражения (Хватов, 2010; Howell, Bennett, 2011). Собаки чаще реагировали на расположенный сзади них маятник, который они могли увидеть в зеркале (оборачивались к маятнику, отпрыгивали от него), по сравнению с животными из контрольной группы, помещенными в такую же экспериментальную установку без зеркала (Хватов, 2010). Из 40 собак лишь 7 животных хотя бы один раз повернули голову в сторону хозяина, который находился в соседней комнате за окном, отражение которого они могли видеть в зеркале (Howell, Bennett, 2011). Из этих семи собак лишь две и далее проявляли признаки внимания к отражению прозрачного окна, за которым находился их хозяин. Эксперимент показал, что собаки уделяли больше внимания зеркалу, когда в нем было видно отражение хозяина (по сравнению с двумя более ранними этапами эксперимента), но это могло быть связано с тем, что на этом этапе еще один владелец намеренно привлекал внимание собаки к зеркалу. Владельцы других двух собак утверждали, что их питомцы дома используют зеркало, чтобы определить, где находится хозяин, но в эксперименте это не подтвердилось. Возможно, владельцы ошибаются при оценке способностей своих питомцев, и собаки, определяя местонахождение хозяина в доме, используют звуковую, ольфакторную или иную информацию. Возможно также, что эти две собаки действительно обучились методом проб и ошибок использовать отражение в домашнем зеркале, но не смогли перенести этот навык в другие условия. Кроме того, в данном

эксперименте не проводилось ознакомления собак с зеркалом; предполагалось, что собаки, живущие в домах в качестве домашних любимцев, ознакомлены со свойством отражающей поверхности. Таким образом, нет возможности оценить, все ли собаки были в равной степени ознакомлены со свойствами зеркала.

Для дополнительного изучения способности собак к использованию зеркала авторы (Howell et al., 2013) использовали методику эксперимента, ранее поставленного на свиньях (Broom et al., 2009): собаку заводили в комнату с зеркалом, в котором была видна приманка (миска с кормом), скрытая за непрозрачным барьером. В течение трех минут корм смогли найти 17 (77%) животных экспериментальной группы и 9 (41%) контрольной (в контрольной группе условия отличались только тем, что зеркало было занавешено). Авторы сделали вывод, что собаки способны использовать свойства зеркала, поскольку с зеркалом собаки находили приманку достоверно чаще, чем без зеркала ($p=0.03$, точный тест Фишера).

Тем не менее, на успешный поиск приманки мог повлиять присутствовавший в экспериментальной комнате владелец собаки. Несмотря на инструкцию не подсказывать своему питомцу, где находится корм, хозяин одной из собак несколько раз жестом указал ей в направлении миски; и данные касающиеся этой собаки были исключены из дальнейшей обработки. Но кроме жеста, владелец мог сделать неосознанную подсказку (Kaminski et al., 2009; Miklósi et al., 1998; Reid, 2009), например, взглядом или голосом. Чтобы уточнить, могут ли собаки без подсказки человека решать задачу поиска предмета по его отражению, другая группа исследователей (Fukuzawa, Hashi, 2017) повторила тот же эксперимент, внося некоторые изменения в методику. Экспериментатор (не владелец) не заходил в экспериментальное помещение, а заводил собаку в стартовую камеру. Каждая из двадцати проведенных с каждой собакой проб заканчивалась через три минуты (или когда собака находила приманку). Все собаки справились с задачей, причем те из них, которым предварительно дали время

ознакомиться с экспериментальным помещением, находили приманку быстрее.

В следующем эксперименте (Fukuzawa, Igarashi, 2017) собака видела в зеркале не приманку, а знакомого человека (экспериментатора). Все собаки в 100% случаев подбегали к нему. Но если часть зеркала заменяли прозрачной панелью, и экспериментатор стоял за ней, то к нему в 100% случаев подбегали только те четыре собаки, которые участвовали в предыдущем эксперименте (Fukuzawa, Hashi, 2017), то есть знакомые со свойствами зеркала. Пять других собак, не имевших ежедневной возможности исследовать зеркало, справлялись с этой задачей только в 55% случаев. Таким образом, собаки способны использовать зеркало для обнаружения приманки или человека; они отличают человека от его отражения, но их способность к орудийному использованию отражающей поверхности зависит от степени ознакомления с ней.

Во всех этих экспериментах авторы принимали во внимание, что предложенную задачу собака может решать, ориентируясь не на визуальные стимулы, а на ольфакторные. Поэтому они либо использовали вентиляторы для перемешивания запаха в экспериментальном помещении (Howell et al., 2013), либо контролировали этот фактор (например, сравнивали время рассматривания зеркала и его обнюхивания, Fukuzawa, Hashi, 2017). Однако отметим, что некоторые исследователи считают, что запахи играют отдельную роль в самоосознании у животных с развитым обонянием. Например, собаки больше времени изучали метки других собак, чем свою собственную (Cazzola Gatti, 2016), а это, по мнению автора исследования, может говорить о том, что они узнают собственный запах.

Еще один пример можно отнести к использованию зеркала при коммуникации. Карликовые игрунки (*Cebuella pygmaea*, Eglash, Snowdon, 1983) с помощью зеркала демонстрировали гениталии своим сородичам, которых могли видеть только в зеркале. В первый день эксперимента обезьяны направляли демонстрацию в сторону отражения сородича, но

спустя 28 дней ознакомления с зеркалом они использовали отражающую поверхность, чтобы направить жест в направлении сородича, а не его отражения.

Таким образом, к настоящему моменту положительный результат в тесте с меткой получен у понгид (например, Gallup, 1970; de Veer, 2003; Povinelli et al., 1993; Suddendorf, Butler, 2013), слонов (Plotnik et al., 2006), дельфинов (Reiss, Marino, 2001; Morrison, Reiss, 2018).

Тот факт, что макаки справились с тестом после обучения (Chang et al., 2015; Chang et al., 2017), а также положительные результаты в другом тесте – на поиск скрытой приманки помощью зеркала (Broom et al., 2009; Gieling et al., 2014; Howell et al., 2013) у свиней и собак, подтверждает мысль, что способность к самоузнаванию не появилась в эволюции внезапно по принципу “всё или ничего” и только у гоминид (de Waal, 2019; de Waal et al., 2005; Tomasello, Call, 1997), а постепенно эволюционировала вместе с другими высшими когнитивными способностями.

У врановых птиц в тесте с меткой получены как отрицательные (Brecht et al., 2020; Clary et al., 2020; Soler et al., 2014; van Buuren et al., 2018; Vanhooland et al., 2020;), так и положительные результаты (Clary, Kelly, 2016; Buniyaadi et al., 2019; Prior et al., 2008;). Это может быть связано как с индивидуальными различиями, так и с методическими особенностями. Анализ литературных данных позволяет заключить, что важное значение имеет особенность мечения (материал и место нанесения метки). Кроме того, самоузнаванию в зеркале может способствовать длительность ознакомления с зеркалом и обстановка эксперимента. Наличие знакомых предметов, а также присутствие конспецификов позволяют субъекту сопоставить реальные объекты с их отражениями, производя при этом оценку сходства и отличия и выполняя операции обобщения, абстрагирования, анализа и синтеза.

1.3. Исследования способности к символизации у животных

1.3.1. Определение эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым

Процесс установления тождества (эквивалентности) между предметами, действиями, явлениями или понятиями и исходно индифферентными для субъекта знаками называют символизацией (Орбели, 1949; Фирсов, 1993). Способность к символизации является одним из необходимых когнитивных компонентов сложнейшего феномена – языка человека (Barnes-Holmes, 2017; Carr, Felce, 2000; Sidman, 1990). В языке слово и обозначаемый им объект, предмет или явление (т.е. референт) эквивалентны (Carr, Felce, 2000; Sidman et al., 1989; Zentall et al., 2014).

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 : $\{xRy \text{ и } yRz\} \rightarrow xRz$). Эквивалентными могут быть отношения между различными стимулами: предметами, абстрактными понятиями, графические изображениями, устными и письменными словами и т.д. (Carr, Felce, 2000), в этом случае все эти стимулы относят к одному классу эквивалентности (Sidman, 1990).

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 А; и отношения транзитивности и симметричности, если образец С).

Для обозначения похожих, но более простых когнитивных процессов иногда используют термин «функциональная эквивалентность» (functional equivalence, Wirth, Chase, 2002). Стимулы называют функционально эквивалентными, если они вызывают одну и ту же реакцию (Wirth, Chase, 2002). Например, если субъект обучен выбирать стимул А по образцу С (далее С-А) и стимул В по тому же образцу С (С-В), и кроме того, стимул D и по образцу А (А-D), и по образцу В (В-D), а в тесте без дополнительного обучения выбирает стимул D по образцу С (С-D, свойство транзитивности), то стимулы А, В и С будут функционально эквивалентны. Такие отношения однонаправлены, т.е. не отвечают критерию симметричности, а, следовательно, не истинно эквивалентны.

1.3.2. Исследование механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у человека

Накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что испытуемые-люди гораздо успешнее животных справляются с тестами на понимание отдельных свойств эквивалентных отношений (например, Brown et al., 1995; de Alcantara Gil et al., 2011; Gollin, Shirk, 1966; Lipsitt, Serunian, 1963; Saunders et al., 1997; Saunders et al., 1988). В одном из исследований испытуемых обучали выбору по условному соответствию образцу (А-В) с двумя парами «образец – стимул для выбора» и выбору по сходству с образцом с этими же четырьмя изображениями (А-А). Обучение выбору по сходству с образцом (А-А), 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 (т.к. один и тот

же стимул используют и в качестве образца, и в качестве стимула для выбора). С последующим тестом на понимание симметричности отношений (В-А) справились четверо из шести детей дошкольного возраста, но не макаки-резусы и не павианы (Sidman et al., 1982).

С тестами на понимание свойств эквивалентных отношений испытуемые-люди как правило справляются (Kahana, 2002; Rehfeldt, 2003; Sidman, 1971; Sidman et al., 1974; Sidman, Tailby, 1982). Однако и у них при выполнении этого варианта сложных когнитивных тестов обнаруживаются существенные индивидуальные различия. Например, после обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя парами стимулов А-В и четырьмя парами А-С лишь трое из пяти молодых людей со средним образованием в возрасте 19-32 лет справились с тестами на понимание симметричности и транзитивности (В-С, С-В, В-А, С-А; Tomanari et al., 2006). Причины того, почему не все участники эксперимента справились с тестом, не ясны. Возможно, некоторое влияние мог оказать тот факт, что время демонстрации стимулов при обучении и тестировании в этом эксперименте было ограничено.

Есть данные, свидетельствующие о том, что с тестами на понимание отдельных свойств эквивалентных отношений обычно не справляются дети с нарушениями речевого развития. Например, с тестами на транзитивность (В-С, С-В, Е-Е и Е-Е) после обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя парами «образец - стимул для выбора» (А-В, А-С, D-Е, D-Е) не справились дети в возрасте 31-52 месяцев с нарушениями речевого развития, в отличие от нормально развивающихся детей (14-36 месяцев), а также в отличие от детей без нарушения развития речи (32-52 месяца), но с задержкой развития других когнитивных функций (Devany et al., 1986).

Еще одним примером, подтверждающим ту же мысль, является работа, в которой четырех детей в возрасте 3-5 лет с аутизмом и задержкой речевого развития обучили (Eikeseth, Smith, 1992) соответствию прописных букв греческого алфавита (А) и их письменного названия (В), а также

соответствию этих же прописных букв (А) – строчным (С). Ни один из них не справился с тестом на понимание транзитивности (В-С; С-В), хотя двое справились с тестом на понимание симметричности (В-А; С-А). После этого обучение А-В и А-С продолжили, параллельно обучая детей устному названию букв (D) – при демонстрации каждого стимула (А, В или С) субъект должен был называть его (А-D, В-D, С-D). После такого дополнительного обучения двое из четырех детей справились с тестом на понимание транзитивности В-С и С-В.

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 у детей в возрасте до года, т.е. еще не начавших говорить (Carr et al., 2000; Lazar et al., 1984; Luciano et al., 2007; O'Donnell, Saunders, 2003; Quezada Velázquez et al., 2018). Например, пятерых детей в возрасте 11-12 месяцев (Quezada Velázquez et al., 2018) 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

A2) со словами «Посмотри, что у меня» и два стимула для выбора (B1 и B2) 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» (A1-B1; A2-B2) продолжали до тех пор, пока ребенок не достигал критерия обученности – 75% правильных выборов в 32 пробах подряд. После этого провели тесты на понимание рефлексивности (A1-A1, A2-A2, B1-B1, B2-B2) и симметричности (B1-A1, B2-A2), 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 (B) и двумя стимулами для выбора (C): B1-C1 и B2-C2. После такого обучения дети справились не только с тестами на рефлексивность (C1-C1, C2-C2) и симметричность (C1-B1, C2-B2), но и с тестами на транзитивность (A1-C1, A2-C2, C1-A1, C2-A2). 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.

1.3.3. Исследование механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым у животных

В отличие от человека, животные не имеют языкового опыта, что позволяет в экспериментах с ними изолировать и исследовать отдельные составляющие процесса формирования эквивалентных отношений.

Изучение способности животных к символизации и установлению эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым имеет длительную историю (Lionello-DeNolf, 2009). Показано, что животные с высокоорганизованным мозгом способны научиться использовать знаки для обозначения предметов или явлений. Это следует как из работ, в которых антропоидов обучали языкам-посредникам, в результате чего они оперировали целой системой знаков-символов (Зорина, Смирнова, 2006; Рамбо, Биран, 2000; Fields et al., 2007; Fouts, Waters, 2001; Gardner, Gardner, 1998; Pepperberg, 2017; Savage-Rumbaugh, Lewin, 1994); так и из работ, в которых животных обучали знакам для обозначения отдельных понятий (Смирнова и др., 2013; Biro, Matsuzawa, 2001; Boysen, Hallberg, 2000; Matsuzawa, 2003; Rumbaugh, Washburn, 1993; Tomonaga, Matsuzawa, 2002).

Для исследования механизмов этого процесса у животных используют ту же методику выбора по условному соответствию образцу, которая была описана выше. В подобных исследованиях наиболее противоречивые данные получены для свойства симметричности эквивалентных отношений. В отличие от большинства испытуемых-людей, с тестом на понимание симметричности животные обычно не справляются (например, D'Amato et al., 1985; Gomez Bujedo et al., 2014; Hogan, Zentall, 1977; Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002; Lipkens et al., 1988). Этот вывод отчасти коррелирует с результатами исследований образования и функционирования условных рефлексов с двусторонней связью: согласно работам Э. А. Асратяна, если стимулы предъявляются в стереотипной последовательности, то прямая условно-рефлекторная связь образуется быстрее и является более устойчивой, чем обратная (Асратян, 1967).

Итак, в тестах на формирование симметричности отношений между знаком и обозначаемым отрицательный результат характерен даже для антропоидов (Biro, Matsuzawa, 2001; Dugdale, Lowe, 2000; Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995). Например, шимпанзе Лана не справилась с тестом на понимание симметричности отношений В-А после того, как ее обучили

выбору по условному соответствию образцу А-В, а также выбору по сходству с образцом А-А, В-В (Dugdale, Lowe, 2000). Необходимо отметить, что в ходе обучения выбору по сходству с образцом шимпанзе продемонстрировали, что каждый стимул может использоваться как в роли образца, так и в роли стимула для выбора. Но, тем не менее, этот опыт не оказал влияния на результат теста.

Кроме Ланы, которой к тому времени было около 30 лет, в этом эксперименте участвовали два других шимпанзе: Шерман и Остин (на 3 и 4 года младше Ланы), с одним из которых (Остином) даже не удалось завершить этап обучения, а другой (Шерман) на этапе тестирования не справился не только с тестовыми, но и с фоновыми (такими же, как и при обучении) пробами, что также может свидетельствовать о недостаточной обученности.

Интересно, что все три шимпанзе имели более чем 10-летний опыт использования лексиграмм – символов для обозначения предметов или действий. Таким образом, у каждого из них был опыт, в чем-то сопоставимый с опытом использования языка. Каждого из них обучали выбору лексиграммы, соответствующей объекту (продуктивное использование знака, или «поведение говорящего»), а затем выбору объекта, соответствующего лексиграмме (рецептивное использование знака, или «поведение слушающего») (Savage-Rumbaugh, 1981; Savage-Rumbaugh, Rumbaugh, 1978). Лана с помощью лексиграмм могла попросить дать ей определенный вид корма (молоко, яблоко, сок, хлеб и т.д.) или совершить определенное действие (закрыть окно, включить музыку и пр.; Rumbaugh et al., 1973; Rumbaugh, 2014; Savage-Rumbaugh, 1981). Способность Ланы к продуктивному использованию лексиграмм подтверждает эксперимент, основной целью которого было оценить способность шимпанзе усвоить правильный порядок слов в предложении (Gill, Rumbaugh, 1974). Человек, держа в руке предмет, с помощью лексиграмм задавал вопрос «Как это называется?». Лана получала этот предмет в качестве подкрепления только в

том случае, если выбирала лексиграммы «это», «называется», «банан» в правильной последовательности. Впоследствии Лана могла, правильно назвав предмет, с помощью лексиграмм попросить в качестве подкрепления не его, а другой вид пищи. После того, как Лана научилась продуктивному использованию знаков (выбору лексиграммы соответствующей объекту), их рецептивному использованию ее также пришлось обучать: Лане демонстрировали лексигramму и подкрепляли выбор фотографии соответствующего объекта (Savage-Rumbaugh, 1981). Имея такой экспериментальный опыт, спонтанного понимания симметричности отношений между знаком и обозначаемым Лана не продемонстрировала ни при обучении лексиграммам, ни два десятилетия спустя (Dugdale, Lowe, 2000).

Представления о том, что симметричные отношения между стимулами возникают у шимпанзе не спонтанно, а под влиянием многократной демонстрации возможности таких отношений, подтверждают данные серии экспериментов с другим шимпанзе, самкой Аи (Biro, Matsuzawa, 2001; Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995). Аи, обученной выбору лексиграммы в ответ на предъявление объекта (А-В; продуктивное использование знака), потребовалось затем не менее длительное обучение для выбора объекта в ответ на предъявление одной из восьми знакомых лексиграмм (В-А; рецептивное использование знака; Kojima, 1984; эксперимент 1).

Результаты последующих экспериментов с Аи (Kojima, 1984; эксперимент 3; Yamamoto, Asano, 1995; Biro, Matsuzawa, 2001) подтвердили первоначальный вывод: понимание симметричных отношений между знаком и обозначаемым у Аи спонтанно не возникало. Положительный результат в тесте на симметричность обнаруживали лишь в том случае, если перед его проведением Аи обучали как продуктивному, так и рецептивному использованию нескольких пар стимулов, а потом тестировали с новыми стимулами, относящимися к тем же, уже знакомым категориям.

Например, обучение Аи продуктивному и рецептивному использованию 12 новых лексиграмм проводили в три этапа (Kojima, 1984; эксперимент 3). При этом шимпанзе обучали соответствию лексиграммы не одному конкретному объекту, а целому набору объектов, характеризующихся одним общим признаком (например, соответствию лексиграммы для обозначения серого цвета десятку серых объектов разной формы). На каждом этапе вводили четыре новые лексиграммы: обучали Аи выбирать две лексиграммы в ответ на предъявление соответствующих объектов (A1-B1, продуктивное использование знака) и выбирать определенные объекты в ответ на предъявление двух других лексиграмм (B2-A2, рецептивное использование). После завершения обучения на каждом этапе проводили тесты на перенос, в которых выясняли, насколько успешно Аи может использовать четыре выученные лексиграммы с новыми объектами, например, новыми объектами серого цвета. С этими тестами Аи успешно справлялась, что свидетельствует о том, что она связала лексиграммы не с конкретными объектами, а с их общим признаком, например, серым цветом. После этого на каждом этапе проводили тест на симметричность отношений (B1-A1; A2-B2), в котором в неподкрепляемых тестовых пробах образец и стимулы для выбора меняли местами (фоновыми пробами служили те же пары, которые использовали при обучении на этом этапе). Каждый этап завершали обучающей серией со всеми четырьмя использованными лексиграммами в обоих направлениях: объект-лексиграмма и лексиграмма-объект. В первом тесте на симметричность был получен отрицательный результат: Аи не выбирала лексиграмму, соответствующую объекту, если ее обучали до этого выбору объекта, в ответ на предъявление этой лексиграммы (и наоборот). Во втором тесте, со следующими четырьмя парами стимулов положительный результат был получен только в половине проб (в тех, в которых надо было выбирать объект, соответствующий лексиграмме, после обучения выбору этой лексиграммы в ответ на предъявление объекта). В третьем тесте, со

следующими четырьмя парами стимулов положительный результат был получен с обоими вариантами проб. Таким образом, в этом эксперименте было обнаружено, что положительный результат в тесте на симметричность возможен, но лишь после обучения продуктивному и рецептивному использованию восьми других лексиграмм (Kojima, 1984; эксперимент 3).

Спустя пять лет с Аи провели еще одно похожее исследование, давшее аналогичный результат (Yamamoto, Asano, 1995). Вначале шимпанзе обучили выбору по сходству с образцом со всеми использованными в дальнейшем стимулами (девятью прямоугольниками разных цветов, девятью лексиграммами), тем самым продемонстрировав свойство рефлексивности эквивалентных отношений. Затем Аи обучили выбирать лексиграммы, соответствующие образцам определенного цвета (А-В). После чего, используя эти девять лексиграмм и девять цветов, провели тест на симметричность (В-А), результаты которого вновь были отрицательными. Положительный результат в тесте на симметричность (В-А) был получен лишь после обучения рецептивному использованию (В-А) шести из этих лексиграмм.

На следующем этапе этого исследования оценили возможность возникновения другого свойства эквивалентных отношений – транзитивности (Yamamoto, Asano, 1995). Шимпанзе вначале обучили выбору по сходству с образцом с шестью иероглифами. Затем ее обучили выбирать иероглифы, соответствующие определенным лексиграммам - трем из девяти использованных ранее (В-С). После этого провели очередной тест на понимание симметричности отношений (С-В), в котором образцом служили иероглифы, а стимулами для выбора – лексиграммы, с которым Аи вновь не справилась. Зато результаты теста на транзитивность (А-С), в котором образцами служили цвета, а стимулами для выбора – иероглифы, оказались положительными (Yamamoto, Asano, 1995), в отличие от теста, в котором требовалось выбирать цвет по образцу-иероглифу (С-А). Для решения этой задачи необходимо не только выявить наличие отношений

между ранее вместе не предъявлявшимися стимулами (иероглифами и цветами; свойство транзитивности), но и возможность смены их ролей (свойство симметричности). Положительный результат в пробах С-А был получен только после дополнительного обучения выбору лексиграммы по образцу-иероглифу (С-В). Таким образом, шимпанзе справилась с задачей, требующей оперирования двумя свойствами эквивалентных отношений (транзитивности и симметричности), только после того как симметричным отношениям ее обучили. Такой же результат был получен в следующей серии, в которой использовали оставшиеся три иероглифа, а также соответствующие им цвета и лексиграммы, но поменяли порядок их использования (сначала обучали выбору иероглифа по образцу-цвету, а не по лексиграмме, как в предыдущей серии и т.п.).

В целом, полученные в этом исследовании результаты показали, что симметричные отношения в новых парах стимулов между знаком и обозначаемым у Аи, также как и у Ланы, спонтанно не возникали. Положительный результат в тесте на симметричность Аи демонстрировала лишь в том случае, если перед этим ее обучали как продуктивному, так и рецептивному использованию нескольких пар стимулов, относящимся к тем же категориям, что и использованные в тесте. В отличие от отношений симметричности, транзитивные отношения могут возникать спонтанно. По мнению авторов, эти результаты говорят о том, что именно свойство симметричности является ключевым фактором для формирования отношений эквивалентности (Yamamoto, Asano, 1995).

Вывод о том, что отношение симметричности не возникает спонтанно (Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995), подтвердил еще один эксперимент, проведенный с Аи несколькими годами позже (Biro, Matsuzawa, 2001). Аи, к тому времени уже обученную продуктивному использованию цифр от 1 до 9, т.е. выбору цифры в ответ на предъявление множества объектов (Matsuzawa 1985; Murofushi, 1997), обучали использованию нуля. Несмотря на весь ее предшествующий опыт, после того, как Аи обучили выбору нуля по пустому

множеству (A-B), выбору пустого множества по образцу-нулю (B-A) ее потребовалось обучать заново (Biro, Matsuzawa, 2001).

Необходимо отметить, что, несмотря на то, что в описанных выше экспериментах с шимпанзе им многократно демонстрировали некоторые из свойств эквивалентных отношений, в подобном обучении редко были задействованы более десятка пар «знак–обозначаемое», а, следовательно, предварительный опыт обезьян все равно не сопоставим с тем, который имеют к моменту тестирования испытуемые-люди.

Неожиданные результаты были получены в работе Томонаги и его коллег (Tomonaga et al, 1991), методика которой в целом была похожа на ту, что использовали в экспериментах с Аи (Kojima, 1984; Yamamoto, Asano, 1995). Трех молодых шимпанзе (6-7 лет) параллельно обучили двум задачам: выбору по условному соответствию образцу с двумя парами стимулов (если образцом был красный прямоугольник, подкрепляли выбор креста, а если зеленый – выбор круга; этот порядок предъявления стимулов в дальнейшем будем называть прямым) и выбору по сходству с образцом со всеми этими стимулами (например, если образцом был красный прямоугольник, подкрепляли выбор красного прямоугольника, если образцом был крест, то выбор креста и т.д.). После этого провели тест на симметричность отношений, в котором в неподкрепляемых тестовых пробах образец и стимулы для выбора меняли местами (обратный порядок предъявления) – в качестве образца использовали изображения креста и круга, а в качестве стимулов для выбора – красный и зеленый прямоугольники (на 18 фоновых проб одна тестовая; фоновыми пробами служили те же пары, которые были использованы при обучении). Один из шимпанзе, семилетняя самка Хлоя, справилась с тестом, в котором образец и стимулы для выбора поменяли местами (75% правильных решений в тестовых пробах), продемонстрировав понимание симметричности отношений. Эти результаты демонстрируют значительные индивидуальные различия, проявляющиеся при решении подобных сложных когнитивных тестов. Как было отмечено ранее, подобные

различия выявляются и у людей (Tomanari et al., 2006). С другой стороны, на положительный результат теста, вероятно, повлияло то, что в ходе обучения выбору по сходству с образцом Хлое продемонстрировали, что каждый стимул может использоваться как в роли образца, так и в роли стимула для выбора, что сопоставимо с демонстрацией симметричных отношений между стимулами. Кроме того, в этой работе использовали особый методический прием, отличающий использованную процедуру обучения от классической и призванный помочь животному абстрагироваться от влияния пространственных характеристик образца и стимулов для выбора. Их местоположение не было жестко закреплено: образец демонстрировали в одной из четырех возможных позиций вдоль верхнего края экрана, а стимулы для выбора – в двух из восьми возможных позиций 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/no go», при использовании дополнительных методических приемов (например, одновременном обучении выбору по сходству с образцом) у голубей (например, Frank, Wasserman, 2005; Urcuioli, 2008; Swisher, Urcuioli, 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; Urcuioli, 2008), который подробнее описан далее. Необходимо отметить, что голуби – птицы с примитивно организованным мозгом (Зорина, Смирнова, 2018; Olkowicz 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) 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). Второй капуцин в этом исследовании не справился с первым тестом на симметричность отношений В-А, но справился с повторным после того, как с ним провели дополнительное обучение с фоновыми пробами А-В. Вероятно, этот результат обусловлен тем, что в ходе первого теста ему продемонстрировали, что образец и стимулы для выбора могут меняться местами. Однако эти данные опубликованы только в виде тезисов, что не позволяет в достаточной степени 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. A1-B1, A2-B2... A30-B30), а затем провели тест на понимание симметричности отношений с шестью из этих тридцати пар (B1-A1 ..., B6-A6). 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 условному 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).

Затем с этими же двенадцатью стимулами А, В и С провели тесты на понимание транзитивности (А-С и С-А), с которыми Рио справилась: она с первых же проб решала задачу с в одиннадцати парах А-С из двенадцати и в десяти парах С-А из двенадцати. В заключительном тесте С-А использовали восемнадцать стимулов А и восемнадцать стимулов С, ранее примененных при обучении А-В и В-С, но не задействованных в предшествующих тестах. Рио справилась с этой задачей в четырнадцати парах С-А из восемнадцати.

Таким образом, уже на первом этапе эксперимента Рио продемонстрировала признаки понимания симметричности отношений между стимулами (положительный результат в первом тесте был получен для трех пар стимулов В-А из шести), хотя, с другой стороны, эти результаты могли быть следствием быстрого обучения в ходе теста, поскольку в нем использовали дифференцированное подкрепление.

Результаты, продемонстрированные Рио, можно считать выдающимся еще и потому, что она справилась не только с прямым (А-С) но и с обратным (С-А) тестом на транзитивность, в отличие, например, от детей с нарушениями речевого развития (Devany et al., 1986; Eikeseth, Smith, 1992) или от шимпанзе Аи (Yamamoto, Asano, 1995).

В языке референтом (обозначаемым) 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 обозначаемым 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 (Canovas et al., 2019; Kastak et al., 2001; Medam et. al., 2016; Sidman, Tailbi, 1982).

Попытка оценки влияния типа обозначаемого 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 категориями. 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 пары 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 выбора – 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 отличалась 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 обозначаемого, либо влиянием обучения симметричным отношениям на двух парах «образец – стимул для выбора», либо обучением в ходе теста.

Предположение, что тип обозначаемого влияет на формирование симметричных отношений, подтверждают данные, полученные на жако Алексе. Айрин Пепперберг (Пепперберг, 2018; Pepperberg, 2015; 2018; Pepperberg, Gordon, 2005) обучила жако не только произнесению слов устной английской речи (продуктивное использование слов), но и пониманию их значения (рецептивное использование). В процессе обучения попугая активно вовлекали во взаимодействие с двумя людьми, каждый из которых играл то роль «учителя», то роль «ученика» попеременно. «Учитель» показывал объект и задавал вопрос о его названии, форме, цвете и пр. «Ученик» правильно или неправильно отвечал на вопрос, демонстрируя тем

самым попугаю подкрепляемое и неподкрепляемое поведение (в случае правильного ответа он получал предмет, о котором его спрашивали; Pepperberg, 1987, 1988). В таких условиях птицы успешно обучались продуктивному и рецептивному использованию слов устного английского. Лучшие результаты продемонстрировал попугай Алекс, эксперименты с которым продолжались около 30 лет до его гибели в 2007 году. Алекс усвоил не только названия более 100 объектов и их признаков (названия семи цветов, пяти форм, пяти материалов, семи числительных), но и наименования понятий – «цвет», «форма», «материал», «число», «сходство», «различие», а также использовал фразы, выражающие его желания и потребности: например, «хочу пить», «хочу миндаль»; «хочу пробку» (Pepperberg, 1987).

Используя устный английский как язык-посредник, Айрин Пепперберг исследовала различные аспекты когнитивных способностей серых жако, такие как обобщение, формирование понятий, операции логического вывода и пр. В своих экспериментах Пепперберг применяла современные методические приемы, включающие многочисленные неповторяющиеся пробы, слепой контроль и статистическую обработку результатов. В тестах Алексу на небольшом подносе демонстрировали наборы объектов и задавали вопросы об их характеристиках. Например, спрашивали: «Какого цвета объект X?», «Какой формы объект Y?», «Из какого материала объект Z?», «Какого цвета предметов больше?», «Сколько зеленых предметов?», «Сколько деревянных предметов?», «Что разное?» или «Что одинаковое?» (варианты ответов: форма, материал, цвет и т.п.). Несмотря на то, что экспериментатор и попугай в ходе тестирования видели друг друга, словесная форма ответов и многообразие их вариантов исключали возможность неосознанных подсказок. Чтобы избежать субъективности в оценке результатов (интерпретации произнесенных попугаем звуков) в организации и проведении теста участвовали трое людей. Первый составлял список тестовых вопросов. Второй квазислучайно распределял эти новые тестовые вопросы среди множества знакомых, фоновых (например, на один

тестовый вопрос о числе предметов приходилось 14 других о форме, цвете, материале и т.д.). Третий, новый человек, приглашенный только для проведения данного теста, предъявлял попугаю наборы объектов и задавал вопросы о них по данному ему списку. Ответы птицы при этом фиксировал первый экспериментатор, который не видел, какие именно наборы объектов демонстрируют попугаю, и, соответственно, не знал, какой именно ответ является правильным (Pepperberg, 1987, 1994).

В числе прочего Пепперберг исследовала способность жако 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). В ходе этого исследования (Pepperberg, 1987, 1994; 2006; Pepperberg, Gordon, 2005) попугая обучали связям между отдельными стимулами (например, А-В), а в тестах оценивали возможность спонтанного появления других связей (например, В-А).

Вначале Алекса обучили произносить слово-числительное, соответствующее числу предъявляемых объектов (продуктивное использование устных числительных; А-В). В последующих тестах на перенос навыка на новые стимулы он успешно отвечал на вопросы о числе предметов в новых наборах, как однородных (состоящих из объектов одного типа), так и разнородных (Pepperberg, 1987, Pepperberg, 1994). Например, попугай отвечал на вопрос «Сколько красных ключей?», когда ему предъявляли два типа объектов двух разных цветов: красные ключи, красные чашки, синие ключи и синие чашки.

После этого Алексу предъявили тест на понимание симметричности отношений, в котором оценивали его способность без дополнительного обучения выбирать множество, число элементов в котором соответствовало называемому экспериментатором устному числительному (В-А; рецептивное использование знаков; Pepperberg, Gordon, 2005). Например, ему предъявляли набор кубиков двух или трех разных цветов и спрашивали: «What color four?» (правильный ответ «yellow», если именно желтых кубиков

было четыре) или предъявляли набор разнородных объектов (например, разного размера шерстяные помпоны, куски бумаги и ключи) и спрашивали: «What object two?» (правильный ответ «keys», если ключей было два). Тот факт, что попугай без дополнительного обучения выбирал множество, соответствующее устному числительному (B-A), свидетельствует о спонтанном понимании симметричности отношений между новыми типами стимулов (устными числительными и числом элементов в множествах); или, другими словами, о способности к рецептивному использованию устных числительных после того, как его обучили их продуктивному использованию (Pepperberg, Gordon, 2005). Этот результат можно считать выдающимся, и ему, безусловно способствовал богатый предшествующий опыт Алекса: усвоение продуктивного и рецептивного использования десятков знаков – слов устной английской речи.

Для того чтобы выяснить, может ли Алекс спонтанно установить транзитивность отношений между стимулами (Pepperberg, 2006), его обучили продуктивному и рецептивному использованию еще одного типа знаков – арабских цифр. Алекса научили называть слово-числительное (B) в ответ на предъявление цифры (C; C-B) и выбирать цифру (C), в ответ на слово-числительное (B; B-C). В последующих тестах на перенос навыка на новые стимулы ему предъявляли наборы разноцветных деревянных или пластиковых арабских цифр (C), и спрашивали либо «What color two?» (правильный ответ – «blue», если цифра «2» была синего цвета), тем самым оценивая сформированность связи B-C, либо «What number yellow?» (правильный ответ «five», если цифра «5» была желтого цвета), тем самым оценивая сформированность связи C-B.

Положительный результат этих (так же как и предшествующих) тестов подтвердил, что у Алекса сформировались двунаправленные связи между словами-числительными и изображением цифр (B-C и C-B), и также между множествами и словами-числительными (A-B и B-A). Кроме того, ранее

Алекс был обучен отвечать на вопросы «Что больше?» и «Что меньше?» (Pepperberg, Brezinsky, 1991).

Несмотря на то, что связи между цифрами и соответствующими множествами (С-А) его специально не обучали, Алекс справился с тестом, в котором ему одновременно предъявляли цифру и множество предметов (цифра была одного цвета, а все предметы – другого) и спрашивали, какого цвета большее по числу или какого цвета меньшее по числу («What color number bigger?» или «What color number smaller?», Pepperberg, 2006). Эти результаты могут указывать на способность Алекса к транзитивному заключению.

Таким образом, эксперименты Айрин Пепперберг показали, что к установлению отношений симметричности и транзитивности оказался способен попугай Алекс, имевший значительный предшествующий экспериментальный опыт. У него были сформированы понятия, он продемонстрировал способность к обобщению и абстрагированию. Возможно, именно это помогло ему установить эквивалентные отношения между стимулами.

1.3.4. Дополнительные подходы к изучению механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым

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 (Picanço, Barros, 2015; Soares Filho et al., 2016), выбору по условному соответствию образцу (A1-B1 и A2-B2), быстрее обучаются выбору по условному соответствию образцу в пробах с обратным и симметричным порядком стимулов (B1-A1, B2-A2), чем в «антисимметричных» пробах (B1-A2, B2-A1). Например, капуцину для обучения выбору с обратным, но

симметричным порядком предъявления стимулов (B1-A1 и B2-A2) потребовалось 480 проб, а выбору с обратным, но «антисимметричным» порядком – около 1300 проб (Soares Filho et. al., 2016). Важно отметить, что эта обезьяна ранее была обучена еще и выбору по сходству с образцом, но с другими стимулами.

Аналогичный результат был получен в другой подобной работе с двумя капуцинами (Picanço, Barros, 2015), у которых был предшествующий опыт выбора по условному соответствию и по сходству с образцом, а с одним из них ранее уже провели тест на понимание симметричности отношений, с которым он не справился. При этом была использована процедура «go/по go», в ходе которой и образец, и стимул для выбора последовательно демонстрировали в одном окне экрана. Тем самым авторы устранили влияние изменения местоположения стимула и образца, как одной из характеристик (пространственной) стимулов, что должно было облегчить формирование эквивалентных отношений, и симметричности в частности, между образцом и соответствующим стимулом для выбора. Животному на сенсорном экране демонстрировали образец (например, A1). После того, как обезьяна шесть раз прикасалась к нему, вместо образца появлялось изображение одного из двух стимулов для выбора (например, B1 или B2). Когда появившийся стимул для выбора соответствовал образцу (A1-B1), животное подкрепляли, если оно три раза прикасалось к нему; если стимул не соответствовал образцу, а животное прикасалось к нему, то экран гас и следовал 35-секундный тайм-аут. Оба капуцина успешно обучились выбору с обратным, но симметричным порядком предъявления стимулов (B1-A1 и B2-A2) за 2000 и 2840 проб соответственно; тогда как выбору с обратным, но «антисимметричным» порядком предъявления стимулов за большее количество проб они так и не обучились.

Тот факт, что капуцины после быстрее обучаются выбору в пробах с обратным и симметричным порядком стимулов (B1-A1, B2-A2), чем в пробах с обратным, но «антисимметричным» порядком (B1-A2, B2-A1), по мнению

авторов, говорит о том, что эти животные могут сформировать отношения симметричности, а сам метод можно использовать при изучении свойств эквивалентных отношений как у животных, так и у людей с нарушениями речи.

Отдельные элементы и процессы, связанные с символизацией, можно изучать с помощью экспериментов на животных, у которых появление эквивалентных отношений маловероятно. Такого рода работы проводились на птицах с примитивным мозгом – голубях (например, Frank, Wasserman, 2005, Urcuioli, 2008).

Попытка воспроизвести эти результаты была сделана в эксперименте с крысами линии Спрег-Дули (Prichard et al., 2015). Ранее было обнаружено, что крысы плохо справляются с подобными экспериментальными задачами, в которых используются зрительные стимулы (например, Iversen, 1997), поэтому образцами и стимулами для выбора в этом эксперименте служили запахи эфирных масел (банановый, ванильный, лакричный и пр.). Обучение и тестирование проводили с помощью процедуры «go/no go». Запах-образец экспонировали в течение 5 секунд, в ходе которых крыса должна была нажать на расположенную рядом панель, после чего запах-образец удаляли вакуумным насосом и экспонировали запах-стимул для выбора. Если стимул для выбора соответствовал образцу, крысу подкрепляли за нажатие на панель; если не соответствовал – не подкрепляли.

Крыс обучили сначала задаче выбора по условному соответствию образцу (A1-B1, A2-B2), а затем задаче выбора по сходству с образцом (A1-A1, A2-A2, B1-B1, B2-B2). Обучиться всем этим задачам смогли семь крыс из четырнадцати. После этого с этими семью крысами провели тест на понимание симметричности В-А (правильный выбор в тестовых пробах не подкрепляли), с которым ни одна из крыс не справилась. Таким образом, для формирования свойства симметричности у крыс используемых методических приемов оказалось недостаточно.

Тем не менее, в тесте на понимание другого свойства эквивалентных отношений – рефлексивности у этих животных был получен положительный результат. Девять новых крыс (Prichard et al., 2015, эксперимент 2) обучали выбору по сходству с образцом с использованием четырех стимулов (А-А, В-В, С-С, D-D). Из девяти крыс шесть удалось обучить этой задаче (критерий обученности – не менее 80% правильных выборов в 96 пробах подряд; и не менее 75% для каждого типа проб) за 2304-13632 пробы. Затем провели тест, в котором фоновые (использованные при обучении пробы) чередовали с четырьмя новыми (Е-Е, F-F, G-G, Н-Н). У пяти крыс из шести доля правильных выборов в тестовых пробах достоверно превышала случайный уровень ($p < 0,01$). Эти результаты могут свидетельствовать об усвоении крысами обобщенного правила выбора по сходству с образцом, и, в контексте обсуждения механизмов формирования эквивалентных отношений, о формировании отношений рефлексивности между образцом и соответствующим стимулом для выбора.

В более позднем эксперименте (Galizio et al., 2018) крыс по этой же методике обучали выбору по сходству с образцом (А-А, В-В), а затем провели тест на перенос правила выбора на новые стимулы (одоранты). С этим тестом справились три крысы из пяти, что говорит о том, что они сформировали обобщенное правило выбора по сходству с образцом после обучения всего с двумя стимулами. Косвенно эти результаты подтверждают предположение, что рефлексивность является менее сложным для формирования свойством эквивалентных отношений, чем симметричность.

1.3.5. Исследования механизмов формирования эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым, проведенные на голубях

Значительное количество экспериментов по изучению способности птиц к пониманию свойств эквивалентных отношений проведено на голубях. С классическим тестом В-А после обучения выбору по условному

соответствию образцу эти птицы не справляются (например, Frank, Wasserman, 2005; Hogan, Zentall, 1977).

Для исследования у них механизмов формирования эквивалентных отношений иногда используют уже упоминавшийся выше подход, оценивающий скорость обучения: обучают вначале выбору по условному соответствию образцу (A1-B1 и A2-B2), а затем одну группу птиц – выбору в пробах с обратным и симметричным порядком стимулов (B1-A1, B2-A2), а другую группу – выбору в пробах с обратным, но «антисимметричным» порядком (B1-A2, B2-A1, Hogan, Zentall, 1977; Velasco et.al, 2010) .

В одном из ранних экспериментов (Hogan, Zentall, 1977) из двенадцати голубей, обученных выбору по условному соответствию образцу с двумя парами стимулов для выбора (A1-B1, A2-B2) шесть обучили «симметричному» выбору B1-A1, B2-A2, а других шесть птиц – «антисимметричному» выбору B1-A2, B2-A1. Во-первых, количество правильных выборов в первой сессии такого «теста» (состоявшей из 96 проб) у всех птиц не отличалась от случайного уровня, то есть у них не возникло спонтанного «понимания» ни симметричности (у первых шести птиц), ни «антисимметричности» (у других шести голубей). Во-вторых, скорость обучения (количество экспериментальных сессий, потребовавшихся до достижения критерия обученности) не отличалась у голубей первой и второй группы. Таким образом, не было даже косвенных свидетельств спонтанного «понимания» голубями свойств эквивалентных отношений.

Не было обнаружено спонтанного «понимания» симметричности отношений и в более позднем эксперименте (Velasco et al., 2010), в котором четырех голубей обучили выбору по условному соответствию образцу с четырьмя парами стимулов (A1-B1, A2-B2, A3-B3, A4-B4). После этого провели тест, в котором собственно тестовые пробы B1-A1 и B3-A3 чередовали с контрольными B4-A2 и B2-A4. И в тестовых, и в контрольных пробах правильный выбор подкрепляли (т.е. подкрепление было дифференцированным), и доля правильных решений в первой тестовой

сессии и в тестовых, и в контрольных пробах не превышала случайный уровень. Разницы в количестве сессий, потребовавшихся для достижения критерия обученности в тестовых и в контрольных пробах, не было.

Но после того, как это обучение довели до конца (т.е. голуби прошли обучение выбору с обратным порядком стимулов), с ними провели второй тест на симметричность отношений. В нем также использовали дифференцированное подкрепление и тестовые пробы В2-А2, В4-А4 («симметричные») чередовали с контрольными В3-А1, В1-А3 («антисимметричными»). И в этом тесте процент правильных выборов в тестовых пробах был выше случайного уровня, тогда как в контрольных он оставался ниже или на случайном уровне. Таким образом, при некотором экспериментальном опыте даже у голубей можно получить положительный результат в тесте на понимание симметричности отношений.

В следующей работе (Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002) авторы последовательно меняли условия эксперимента, чтобы выяснить, при каких условиях голуби могут справиться с тестом на понимание симметричности отношений. Они предположили, что одним из факторов, влияющих на то, как голуби справляются с тестами, является пространственное расположение стимула. Например, в эксперименте голубя обучают по образцу А, расположенному в центре сенсорного экрана, выбирать стимул В, расположенный справа или слева от него, а в тесте В-А меняется не только роль, но и расположение стимулов: стимул В оказывается по центру, а стимул А – слева или справа. Между тем, в процессе обучения голубь мог усвоить, что каждый из стимулов представляет собой изображение, предъявленное в определенный момент времени в определенном месте. Изображение красного треугольника, предъявленное первым в центре сенсорного экрана, имеет другое функциональное значение и не тождественно изображению красного треугольника, предъявленного вторым в правой части того же экрана. Вероятно, животные с более высокоорганизованным мозгом, такие как шимпанзе, могут абстрагироваться

и от пространственных (изменение местоположения), и от временных характеристик (порядок предъявления) стимула и образца и установить их симметричность после того, как им продемонстрировали, что образец и стимулы для выбора могут меняться местами и ролями. Для голубей такая задача оказалась слишком сложной.

Вначале авторы (Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002, эксперимент 1) при обучении голубей выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулам для выбора использовали дополнительные методические приемы, чтобы приучить птиц к тому, что расположение образца и стимулов для выбора может меняться. Во-первых, для демонстрации образца и двух стимулов для выбора использовали три «окна» на сенсорном экране, расположенные в ряд; образец демонстрировали то в левом, то в правом, а стимулы для выбора – в двух других окнах. Во-вторых, после завершения обучения провели дополнительную сессию: голубю демонстрировали стимул В в центральном окне и подкрепляли клевок по нему. Это должно было приучить голубя к тому, что в последующем тесте В-А стимул В в роли образца будут демонстрировать в центре. Однако результаты теста (этот и последующие тесты в данной работе были организованы аналогично методике, описанной выше, Hogan, Zentall, 1977), оказались отрицательными. То есть изменение местоположения стимулов не помогло.

Затем чтобы приучить голубей к тому, что у стимула может меняться роль (образец может использоваться как стимул для выбора, и наоборот), тех же голубей обучили выбору по сходству с образцом (А-А, В-В). И снова результаты последующего теста симметричности В-А оказались отрицательными (Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002, эксперимент 2).

Третий эксперимент авторы организовали таким образом, чтобы стимулы А и В были и в роли образца, и в роли стимула для выбора: новых голубей обучали выбору по образцу А-В, В-С, затем D-А. И вновь признаков понимания симметричности обнаружено не было: результат первой сессии В-А был выше случайного уровня только у двух голубей контрольной группы

(которых обучали «антисимметричному» выбору. Таким образом, использованных приемов оказалось недостаточно для формирования отношения симметричности между знаком и обозначаемым.

В дальнейшем исследователям все же удалось подобрать экспериментальную процедуру, при использовании которой от голубей все же удалось добиться положительного результата в тесте на симметричность (Frank, Wasserman, 2005). Для этого авторы применили методику «go/no go», в которой и образец, и стимул для выбора последовательно демонстрировали в одном окне экрана. Тем самым авторы устранили влияние изменения местоположения стимула и образца (их пространственных характеристик) на установление их симметричности. Чтобы уменьшить влияние порядка предъявления стимула и образца (их временных характеристик) авторы использовали описанные выше приемы – чередовали пробы, в которых образец и стимул для выбора условно соответствовали друг другу (А-В), и пробы, в которых образец и стимул для выбора были одинаковыми (А-А, В-В).

Вначале голубю в течение 10 секунд демонстрировали образец. Затем после первого же клевка по образцу его изображение пропадало и после 3,5-секундной задержки (в течение которой демонстрировался белый экран) появлялось изображение стимула для выбора. Если он соответствовал образцу, то после 10 секунд его демонстрации первый клевок по нему подкрепляли пищей. Если стимул не соответствовал образцу, то через 10 секунд его изображение исчезало (появлялся черный экран).

В первом эксперименте для того, чтобы устранить влияние порядка предъявления стимулов (т.е. их временных характеристик), чередовали пробы, в которых образец и стимул для выбора условно соответствовали друг другу (А-В), и пробы, в которых образец и стимул для выбора были одинаковыми (А-А, В-В). Таким образом, каждое изображение появлялось как первым (в роли образца), так и вторым (в роли стимула для выбора).

В качестве показателя динамики обучения авторы использовали коэффициент (*discrimination ratio*), который рассчитывали как отношение числа клевков (учитывали только первый клевок) по стимулам, соответствующим или сходным с образцом («правильным»), к общей сумме числа клевков по всем стимулам. В начале обучения этот коэффициент был приблизительно равен 0.5, а по мере обучения он должен был увеличиваться (поскольку должно было уменьшаться число клевков по стимулам, не соответствующим образцу). Такой коэффициент подсчитывали для каждой ежедневной экспериментальной сессии (192 пробы) отдельно для разных типов проб (тех, в которых стимул для выбора условно соответствовал образцу и тех, в которых он был сходен с образцом). Обучение продолжали до тех пор, пока коэффициенты для обоих типов проб не достигали 0,8 за сессию. Для этого в первом эксперименте одному голубю понадобилось 136 экспериментальных дней, то есть около 26 тысяч проб, а второму 65 дней и около 12 тысяч проб (не все ежедневные сессии удавалось довести до конца).

После завершения обучения провели тест на понимание симметричности отношений, в котором фоновые пробы (такие же, как и при обучении) чередовали с тестовыми (в которых образец и стимул для выбора поменяли местами – В-А). Анализ результатов показал, что голуби справились с тестом на понимание симметричности отношений – в тестовых пробах (В-А) частота клевания (число клевков в секунду) «правильного» стимула у обоих голубей была достоверно выше, чем частота клевания «неправильного». Во втором эксперименте двух при обучении двух других голубей использовали только пробы, в которых стимул условно соответствовал образцу А-В. С последующим тестом на понимание симметричности отношений В-А эти птицы не справились. Третий эксперимент вначале повторял второй и с тестом на понимание симметричности отношений два новых голубя вновь не справились. Затем этих же двух птиц дополнительно обучили так же, как и голубей в первом эксперименте (чередую два типа проб – А-В и А-А, В-В), после чего один

голубь справился с тестом на понимание симметричности отношений. Таким образом, в этой работе было показано, что, если устранить негативное влияние пространственных и временных характеристик стимулов (использовать методику «go/no go» и чередовать два типа проб – А-В и А-А, В-В), то голуби могут справиться с тестом на понимание симметричности отношений без прямого обучения (Frank, Wasserman, 2005).

Объясняя полученные результаты, Франк и Вассерман берут за основу предположение, что одним из неотъемлемых атрибутов стимулов является порядок их предъявления. Тогда стимул, предъявленный в качестве образца, не то же самое, что такой же стимул, но предъявленный в качестве стимула для выбора. Результатом обучения, при котором чередуют пробы выбора по условному соответствию и по сходству с образцом, является формирование системы парных ассоциаций между стимулами. Например, в результате обучения выбору по условному соответствию образцу формируются ассоциации А1-В1 и А2-В2, а после обучения выбору по сходству с образцом: А1-А1, А2-А2, В1-В1 и В2-В2. Благодаря общим компонентам они образуют единый класс стимулов (в этот класс войдут стимулы А1, А2, В1 и В2 в роли образца и А1, А2, В1 и В2 в роли стимулов для выбора), связанных историей подкрепления. (А1, В1 в роли образца и А1, В1 в роли стимула для выбора – 1 класс, А2, В2 в роли образца, А2, В2 в роли стимула для выбора – второй класс) По мнению авторов, благодаря тому, что эти стимулы входят в один класс, голубь в тесте успешно выбирает стимул А1 по образцу В1 и стимул А2 по образцу В2.

1.3.6. Теория формирования класса эквивалентных стимулов

Как уже упоминалось выше, одним из факторов, влияние которых изучалось в этих работах, являются характеристики используемых стимулов (пространственно-временные). При обучении задачам выбора по условному соответствию образцу (например, А1-В1 и А2-В2) и выбору по сходству с образцом (А1-А1, А2-А2, В1-В1 и В2-В2) у животного формируется система

парных ассоциаций между стимулами. Люди с их богатым доэкспериментальным опытом, как и животные с высокоорганизованным мозгом, вероятно, могут абстрагироваться от этих характеристик, в то время как, например, для голубей они являются критически важными. И если предположить, что одним из атрибутов стимула является порядок его предъявления, то стимул А, предъявленный в качестве образца, для животного не является тем же самым, что и тот же стимул, но предъявленный в качестве стимула для выбора. И тогда при обучении А1-В1, А2-В2, А1-А1, А2-А2, В1-В1, В2-В2 будут образованы два класса стимулов, связанных историей подкрепления. В первый класс войдут стимулы А1, В1 в роли образца и А1, В1 в роли стимула для выбора; во второй класс - А2, В2 в роли образца, А2, В2 в роли стимула для выбора. Стимулы, входящие в один класс, эквивалентны, и благодаря этому животное после такого обучения справится с тестами В1-А1, В2-А2.

В ряде случаев эта теория формирования класса эквивалентных стимулов (*theory of pigeons' equivalence class formation*, Urcioli, 2008) позволяет предсказать появление свойств эквивалентных отношений, по крайней мере у голубей. Она включает четыре положения:

1. К атрибутам стимула относится не только изображение на нем, но и место и время его предъявления. Другими словами, стимул А представляет собой изображение, предъявленное в определенный момент времени в определенном месте. Например, изображение красного треугольника, предъявленное первым (в роли образца) не тождественно тому же изображению, предъявленному вторым (в роли стимула для выбора); а изображение красного треугольника, предъявленное в центре сенсорного экрана, не тождественно изображению красного треугольника, предъявленного в правой части того же экрана. Еще одним атрибутом стимулов, по мнению Урциоли, может служить число клевков по ним, которые голубь должен

выполнить, а это число обычно разное для образца и стимула для выбора. Например, если А – образец, то голубя обучают клевать его 10 раз, чтобы вместо него появилось изображение стимула для выбора В; а стимул В необходимо клюнуть один раз, чтобы получить подкрепление (Lionello-DeNolf, Urcuioli, 2002). Стимул В, по которому нужно клюнуть 1 раз, не тождественен стимулу В, по которому нужно клюнуть 10 раз (если в тесте использовать стимул В в качестве образца).

2. В процессе длительного обучения, включающего многократные подкрепления выбора стимула В1 по образцу А1 и отсутствие подкрепления выбора стимула В2 по образцу А1, голубь обучается выбирать В1 по образцу А1, и не выбирать В2 по образцу А1. При этом происходит формирование классов стимулов, которые состоят из подкрепляемых комбинаций образцов и стимулов для выбора (в данном примере – формируется класс, состоящий из элементов А1 и В1).
3. Классы, содержащие одинаковые элементы, могут объединяться в один. Например, если голубя обучали выбирать В1 по образцу А1 (А1-В1), В2 по В1 (В1-В2) и А2 по А1 (А1-А2), то в результате может образоваться класс стимулов, включающий в себя А1, А2, В1 и В2.
4. Симметричные отношения могут возникать между элементами одного класса.

Например, согласно данной теории, если голубя обучить выбору по условному соответствию образцу (А1-В1; А2-В2) и выбору стимула такого же, как и образец (А1-А1; А2-А2; В1-В1; В2-В2), то благодаря сформировавшемуся классу эквивалентных стимулов (А1, В1 в роли образцов и А1, В1 в роли стимулов для выбора) возникнут эквивалентные отношения между стимулами А1 и В1, а благодаря классу (А2, В2 в роли

образцов и A2, B2 в роли стимулов для выбора) – симметричные отношения между стимулами A2 и B2. В таком случае голуби должны справиться с тестом на понимание симметричности отношений (B1-A1), (B2-A2). Если же вместо выбора стимула такого же, как и образец, птиц обучили выбирать последовательности, в который стимул для выбора отличается от образца (не A1-A1; A2-A2, а A1-A2; A2-A1), то сформируются классы эквивалентных стимулов (A1, B1 в роли образца, A2, B1 в роли стимула для выбора) и (A2, B2 в роли образца, A1, B2 в роли стимула для выбора), и в тесте голуби будут выбирать последовательности стимулов (B1-A2) и (B2-A1). Такие последовательности мы ранее называли «антисимметричными».

Результаты эксперимента соответствовали обоим предположениям: из восьми голубей, обученных выбору по условному соответствию образцу и выбору стимула такого же, как и образец, три птицы справились с тестом на понимание симметричности отношений (Urcuioli, 2008, эксперимент 3). Из пяти голубей, которых обучили выбору стимула, отличного от образца, два выполнили тест на «антисимметричность» (Urcuioli, 2008, эксперимент 4). В обоих случаях при обучении и тестировании птиц использовали методику go/no go, как и в эксперименте Франк и Вассермана (Frank, Wasserman, 2005).

В ряде случаев теория формирования класса эквивалентных стимулов позволяет предсказать появление свойств эквивалентных отношений, по крайней мере у голубей (Campos et al., 2014; Sweeney, Urcuioli, 2010; Swisher, Urcuioli, 2013; 2015; Urcuioli, Swisher, 2015). Например, голуби справились с тестом на понимание симметричности отношений между стимулами, объединенными в общий класс эквивалентности, даже когда пространственное расположение образца отличалось от расположения стимулов для выбора (Swisher, Urcuioli, 2013).

Однако в ряде случаев голуби демонстрировали понимание симметричности отношений после обучения, недостаточного, согласно теории Урциоли, для формирования классов эквивалентности (Campos et al., 2014). Противоречивыми оказались и результаты проверки объяснения

механизма возникновения отношений рефлексивности (Sweeney, Urcuioli, 2010). Таким образом, некоторые примеры демонстрации «понимания» свойств эквивалентности у голубей нельзя объяснить теорией формирования эквивалентных классов. Некоторые из них авторы объясняют случайно возникшими артефактами, связанными с перцептивными свойствами стимулов, используемых при обучении (Campos et al., 2014). Кроме того, они допускают, что формирование класса эквивалентных стимулов может быть не единственным возможным объяснением появления отношений симметричности, рефлексивности и транзитивности (Sweeney, Urcuioli, 2010; Urcuioli, Swisher, 2015).

Поскольку голуби, птицы с примитивно организованным мозгом (Зорина, Смирнова, 2018; Olkowicz et al., 2016), могут справляться с тестами на понимание эквивалентных отношений за счет особых механизмов, предложенная теория вряд ли может объяснить механизмы символизации у других животных и у человека. Тем не менее, результаты этих экспериментов позволяют выявить несколько закономерностей, которые могут быть универсальными. Так, в очередной раз подтвердилось, что на формирование эквивалентных отношений положительно влияет экспериментальный опыт (Velasco et al., 2010). Кроме того, теория Урциоли показывает роль пространственных и временных характеристик стимула (время и порядок его предъявления) в формировании отношений между стимулами.

Итак, изучение способности животных понимать симметричность отношений между знаком и обозначаемым 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 (т.к. правильный выбор в тестовых пробах подкрепляли); кроме того, и у павианов, и, особенно, у Алекса обозначаемым 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. Именно опыт обучения выбору по сходству с образцом обусловил положительный результат теста на симметричность у шимпанзе Хлои (Tomonaga et al, 1991). 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 обозначаемого. Это во многом связано с трудоемкостью обучения, которое может привести к формированию обобщенных представлений о категориях стимулов 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, обобщив данные, накопленные к настоящему времени, можно заключить, что положительному результату в тесте на понимание симметричности способствует демонстрация возможности таких отношений и, возможно, использование в качестве обозначаемых не отдельных объектов, а обобщенных представлений об их категориях.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении экспериментов руководствовались правилами выполнения работ с использованием экспериментальных животных согласно требованиям Декларации ЕС 2010.

2.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале

Эксперименты по самоузнаванию в зеркале были проведены на четырех серых воронах старше двух лет. Ворон содержали двумя группами в вольерах (230 x 350 x 280 см), установленных на открытом воздухе. С каждой птицей проводили одну 15-минутную экспериментальную сессию в день. Все сессии проводили в один сезон (зима). Пищевую депривацию не использовали.

Перед проведением этого эксперимента мы дали возможность птицам ознакомиться со свойствами зеркала, для этого зеркало на 6 месяцев было установлено в их жилом вольере.

На время эксперимента каждую птицу переносили в помещение для проведения экспериментов, наносили метку (или имитировали этот процесс) и помещали в решетчатую клетку. В каждой сессии одновременно участвовали две вороны (тестируемая и «сосед»), помещенные в две соседние клетки (60 x 45 x 50 см), установленные вплотную друг к другу своими торцевыми сторонами (рис. 1, см. также рис. 1 Приложения 1). Присутствие знакомого сородича («соседа»), по нашему мнению, могло облегчить вороне идентификацию собственного отражения. Зеркала размером 35 x 45 см были размещены вплотную к наружным торцевым стенкам обеих клеток и были ориентированы внутрь клетки либо своей отражающей, либо неотражающей поверхностью. Во время этапов ознакомления и контроля сторону, с которой зеркало было размещено отражающей поверхностью внутрь, чередовали квазислучайно. В каждую из

клеток помещали поилку с водой, кормушку и несколько разноцветных игрушек (также для облегчения идентификации отраженного пространства, рис. 1).

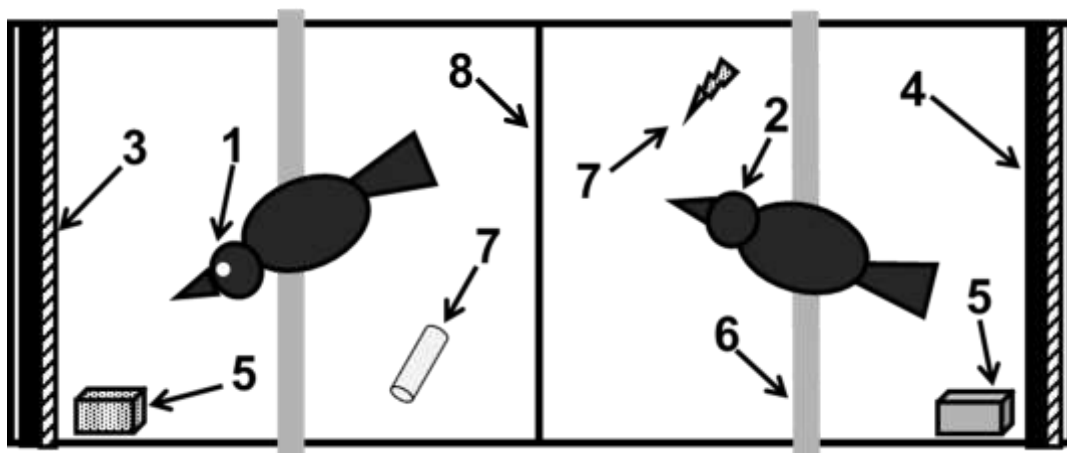


Рисунок 1. Обстановка эксперимента: 1 – ворона с меткой; 2 – ворона без метки; 3 – зеркало, ориентированное внутрь клетки отражающей поверхностью; 4 – зеркало, ориентированное внутрь клетки неотражающей поверхностью; 5 – поилка/кормушка, 6 – присада, 7 – игрушка, 8 – перегородка между клетками.

Метка представляла собой кусочек тонкой золотистой пленки каплевидной формы; 10x5 мм; 4-5 мг, ее наклеивали при помощи клея для ресниц не на поверхность оперения (т.е. на несколько перьев одновременно), а на нижнюю поверхность опахала отдельного пера на лбу птицы (рис. 2). Такой способ нанесения предотвращал склеивание нескольких перьев между собой и минимизировал возможность тактильного восприятия метки. И при нанесении метки, и при имитации этого процесса птицу сначала накрывали тканью, а затем надевали на ее клюв бумажный колпачок, закрывающий глаза птицы, но оставляющий свободным лоб. После эксперимента метку удаляли при помощи жидкости для снятия водостойкой туши с ресниц.

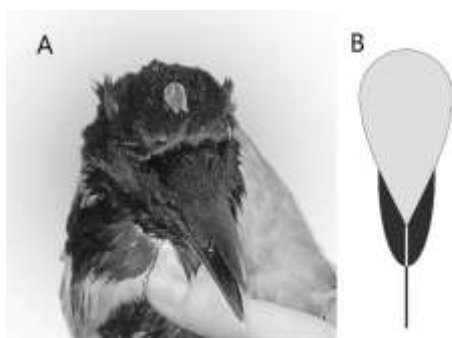


Рисунок 2. А – ворона с нанесенной меткой. В – прикрепление метки на перо птицы.

Эксперимент состоял из трех этапов (схематично представленных на рис.3):

1. Ознакомление с обстановкой эксперимента (с каждой вороной провели 4 сессии по 15 мин): тестируемая ворона не пометена, находится в клетке с зеркалом, ориентированным внутрь отражающей поверхностью. «Сосед» не пометен, находится в клетке с зеркалом, ориентированным внутрь неотражающей поверхностью.
2. Тест (с каждой вороной провели 4 сессии по 15 мин): тестируемая ворона пометена, находится в клетке с зеркалом, ориентированным внутрь отражающей поверхностью. «Сосед» не пометен, находится в клетке с зеркалом, ориентированным внутрь неотражающей поверхностью.
3. Контроль (с каждой вороной провели 4 сессии по 15 мин): тестируемая ворона пометена, оба зеркала ориентированы внутрь неотражающей поверхностью. «Сосед» не пометен.

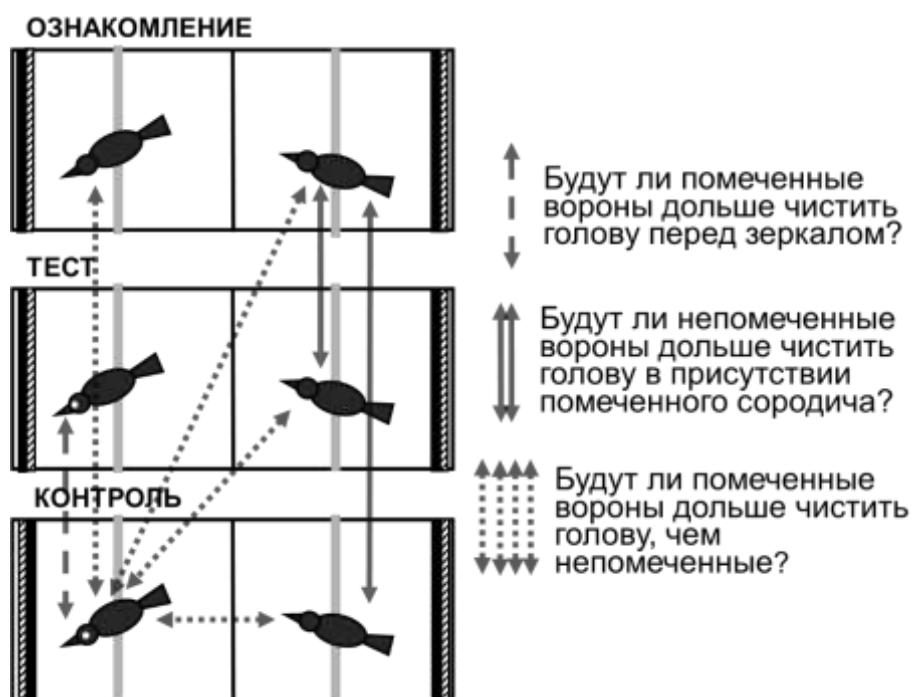


Рисунок 3. Этапы эксперимента. Стрелками обозначены условия, в которых сравнивали поведение птицы.

Контрольные и тестовые сессии квазислучайно чередовали. Анализ видеозаписей экспериментальных сессий осуществляли два наблюдателя независимо друг от друга. Каждый фиксировал поведенческие реакции, направленные на чистку различных участков тела (табл. 1), и подсчитывал потраченное на эти реакции время. Для дальнейшего анализа оставляли только те поведенческие акты, которые были зафиксированы обоими наблюдателями.

Данные по каждой из четырех птиц обрабатывали отдельно. Из четырех сессий каждого этапа для дальнейшей обработки выбирали две (с наибольшим суммарным временем чистки тела). Отдельно для каждого этапа (ознакомление, тест, контроль) для каждой птицы в роли тестируемой и в роли «соседа» подсчитывали суммарное время чистки зоны метки и суммарное время чистки остальных частей тела. Вычисляли отношение времени, потраченного на чистку зоны метки, ко времени чистки остальных частей тела (далее – *относительное время чистки зоны метки*).

Таблица 1.

Поведенческие акты, которые учитывали при анализе видеозаписей

Поведенческие акты	Считали зоной метки
Отряхивается всем телом	
Отряхивает голову	да
Чистит надклювье	да
Чистит подклювье	
Чистит боковые стороны клюва	
Чистит голову	да
Чистит шею сбоку	
Чистит шею (черный участок) спереди	
Чистит грудь и живот	
Чистит зону под правым крылом	
Чистит зону под левым крылом	
Чистит правое крыло	
Чистит левое крыло	
Чистит ноги	
Чистит хвост	
Чистит спину	
Наскоки и клевки зеркала	

Сравнивали относительное время чистки зоны метки для каждой птицы в разных условиях (обозначенных стрелками на рис. 3). Пары условий для сравнения составили так, чтобы получить ответы на три вопроса:

1) будут ли помеченные вороны дольше чистить голову перед зеркалом, чем в отсутствие зеркала (классический тест с меткой: если ворона узнает себя в зеркале, то она будет дольше чистить зону метки в тесте с зеркалом, чем в контроле без зеркала), для этого сравнили относительное время чистки зоны метки у помеченной вороны в тесте и в контроле;

2) будут ли непомеченные вороны дольше чистить голову в присутствии помеченного сородича (в этом случае, возможно, помеченная ворона чаще чистит зону метки, потому что реагирует на свое отражение в

зеркале как на помеченного сородича; тогда положительный результат классического теста с меткой может не говорить о самоузнавании). Для ответа на этот вопрос сравнили относительное время чистки зоны метки у непомеченной вороны-«соседа»:

- на стадии ознакомления и на стадии теста;
- на стадии ознакомления и на стадии контроля.

3) будут ли помеченные вороны дольше чистить голову, чем непомеченные (т.е. ощущают ли вороны метку). Для этого относительное время чистки зоны метки у помеченной вороны в контроле сравнили с этим показателем у этой же вороны

- непомеченной, в роли тестируемой на стадии ознакомления;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии ознакомления;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии теста;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии контроля.

Статистическая обработка полученных данных

Для статистического анализа данных использовали программу «STATISTICA for Windows» (версия 7). Достоверность различий между показателями оценивали по критерию χ^2 , если все значения были больше 9; по точному критерию Фишера, если хотя бы одно из значений было меньше или равно 5; по точному критерию Фишера с поправкой Йейтса, если хотя бы одно из значений было в диапазоне от 5 до 9.

2.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым

2.2.1. Объект и обстановка эксперимента

Исследование проводили на серых воронах (*Corvus cornix*, L.) разного возраста (старше двух лет). Ворон содержали двумя группами в вольерах (230 х 350 х 280 см), установленных 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. 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 (см. рис. 4). Таким образом, возможность неосознанного влияния экспериментатора на выбор была сведена к минимуму.

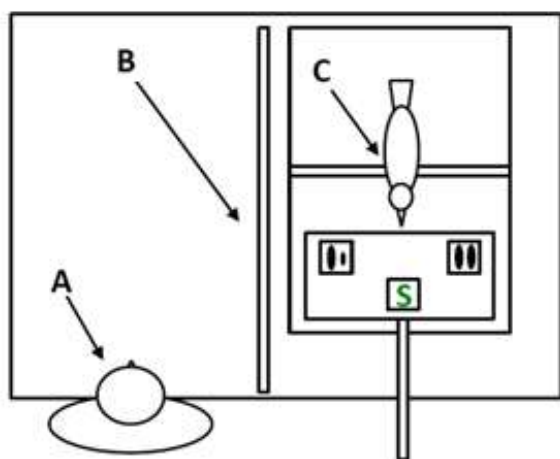


Рисунок 4. Схема взаимного расположения вороны и экспериментатора в момент выбора. А – экспериментатор, В – непрозрачный экран, С – ворона.

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 (две личинки 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 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 осуществляла выбор, поднос извлекали из клетки. Число проб в день зависело от уровня заинтересованности птиц (в среднем – 40).

При обучении выбору по условному соответствию образцу использовали два стимула-образца: на одном из них на белом фоне была изображена зеленая буква «S», а на другом – буква «V» и 12 возможных стимулов для выбора (рис. 5). На каждом стимуле для выбора на белом фоне было изображено две черные фигуры одной формы одинакового или разного размера: круги, эллипсы, квадраты, прямоугольники, равносторонние и равнобедренные треугольники (суммарные площади двух фигур были выровнены).



Рисунок 5. Образцы и 12 стимулов для выбора, использованных при обучении выбору по условному соответствию образцу.

При обучении в одной пробе стимулами для выбора всегда служили изображения фигур одной формы: либо изображения кругов, либо эллипсов, либо квадратов и т.д. (далее мы их называем – пара стимулов). Если образцом было изображение буквы «S», птицу подкрепляли за выбор фигур

одинакового размера, а если образцом было изображение буквы «V», то за выбор 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 — см. в описании этапов эксперимента) чередовали с «фоновыми» (в которых использовали знакомые стимулы): 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 (например, 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), очередность проб приводится в Приложении 2.

Эксперимент проводили на восьми серых воронах (*Corvus cornix*) разного возраста (старше двух лет). Семь птиц не имели никакого предшествующего экспериментального опыта; у одной вороны (ворона №2) был экспериментальный опыт, не имеющий отношения к выбору по сходству или по условному соответствию с образцом.

С двумя группами серых ворон провели два эксперимента, различавшиеся моментом проведения теста на понимание симметричности отношений.

2.2.2. Эксперимент 1

Эксперимент провели с четырьмя серыми воронами без предшествующего экспериментального опыта; он включал три теста на симметричность: первый – после завершения обучения с первой парой стимулов для выбора (кругами одинакового или разного размера); второй – после завершения обучения с шестью парами стимулов; третий – после тестов на перенос правила выбора и дополнительного обучения со всеми 48 использованными стимулами. Примеры проб на различных этапах эксперимента приведены в Приложении 2.

Этапы эксперимента 1:

I Обучение выбору по условному соответствию образцу (с промежуточными тестами на симметричность)

1. Обучение двух серых ворон выбору по условному соответствию образцу с двенадцатью стимулами для выбора: образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — двенадцать изображений двух фигур одной формы одинакового или разного размера (круги, эллипсы, квадраты, прямоугольники, равносторонние или равнобедренные треугольники).

2. Обучение других двух серых ворон выбору по условному соответствию образцу с меньшим числом пар стимулов для выбора: образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — четыре стимула (изображения кругов и эллипсов). Здесь и на следующем этапе число стимулов для выбора уменьшили из-за отсутствия устойчивой положительной динамики на предыдущем этапе.

3. Обучение выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора: образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — круги.

4. Первый (промежуточный) тест на понимание симметричности отношений: в 48 тестовых пробах образцы — изображения кругов одинакового или разного размера (из 1-го набора), стимулы для выбора —

«S» и «V». В 144 фоновых пробах образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — одна пара стимулов (круги).

5. Обучение выбору по условному соответствию образцу поочередно с каждой из оставшихся пяти пар стимулов: эллипсами, квадратами, прямоугольниками, равносторонними треугольниками, равнобедренными треугольниками, образцы — изображения букв «S» и «V». Пару стимулов заменяли на следующую после достижения критерия обученности с предыдущей.

6. Продолжение обучения выбору по условному соответствию образцу при чередовании всех шести пар стимулов, представленных на рис. 5 (образцы — «S» и «V»).

7. Второй (промежуточный) тест на понимание симметричности отношений: в 48 тестовых пробах образцы — 12 изображений фигур; стимулы для выбора — «S» и «V». В 144 фоновых пробах образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — все двенадцать пар стимулов.

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

8. Тест на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые (ранее не использованные) стимулы, различающиеся по знакомому признаку (размеру фигур). И в фоновых, и в тестовых пробах образцы — изображения букв «S» и «V». В 24 тестовых пробах стимулы для выбора — шесть новых пар стимулов одной формы одинакового или разного размера (12 изображений фигур одинакового либо разного размера, рис. 6). 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, рис. 5).

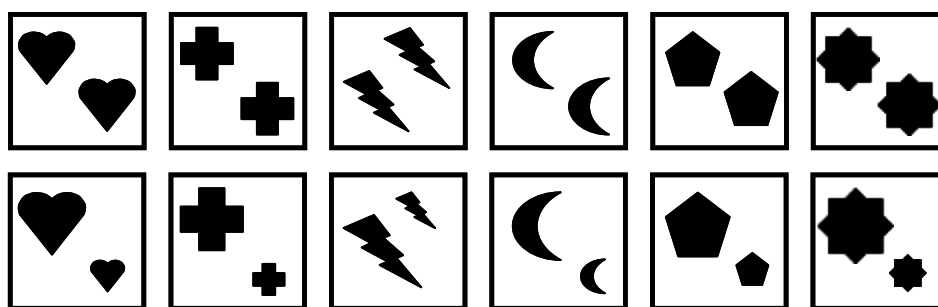


Рисунок 6. Стимулы, использованные в тестовых пробах теста на перенос правила выбора на новые стимулы знакомой категории (6 изображений пар фигур одинаковой формы и размера и 6 изображений пар фигур одинаковой формы и разного размера).

9. Доучивание выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе: образцы – «S» и «V»; стимулы для выбора – шесть пар стимулов с изображениями двух фигур одной формы одинакового или разного размера (рис. 6).

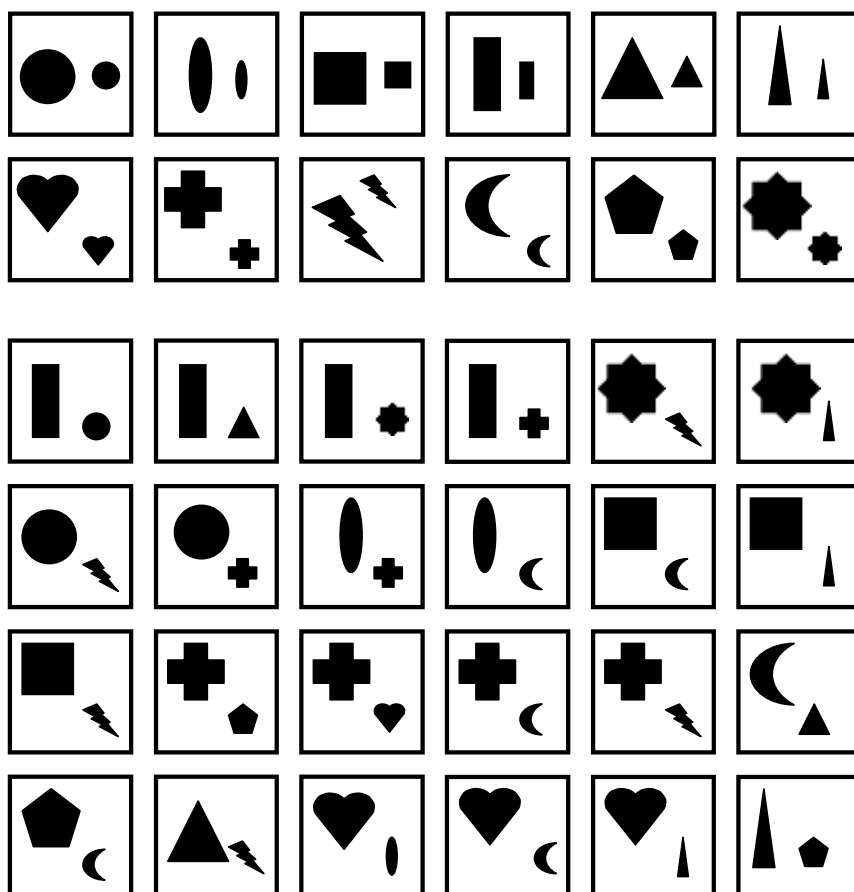


Рисунок 7. Стимулы, использованные в тестовых пробах теста на перенос правила выбора на стимулы новой категории (12 изображений пар фигур одной формы и разного размера и 24 изображения пар фигур разной формы и разного размера).

10. Тест на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по новому признаку (форме фигур). И в фоновых, и в тестовых пробах образцы — изображения букв «S» и «V». В 24 тестовых пробах стимулы для выбора — 24 новые пары стимулов, составленные из ранее использованных 12 стимулов с изображениями двух фигур разного размера и одной формы и 24 новых стимула с изображениями двух фигур разного размера и разной формы (например, треугольник и пятиугольник, крест и полумесяц, рис. 7). В 72 фоновых пробах стимулы для выбора — ранее использованные пары стимулов (рис. 5, 6).

III Третий (основной) тест на симметричность

11. Доучивание выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе: образцы — изображения букв «S» и «V»; стимулы для выбора — 24 пары (описаны выше).

12. Третий тест на понимание симметричности отношений: в 24 тестовых пробах образцы — 24 изображения фигур одинакового размера и одинаковой формы или разной формы; стимулы для выбора — изображения букв «S» и «V». В 72 фоновых пробах образцы — изображения букв «S» и «V»; стимулы для выбора — 12 пар (те же, что были использованы в тестовых пробах в качестве образцов), рис. 8.

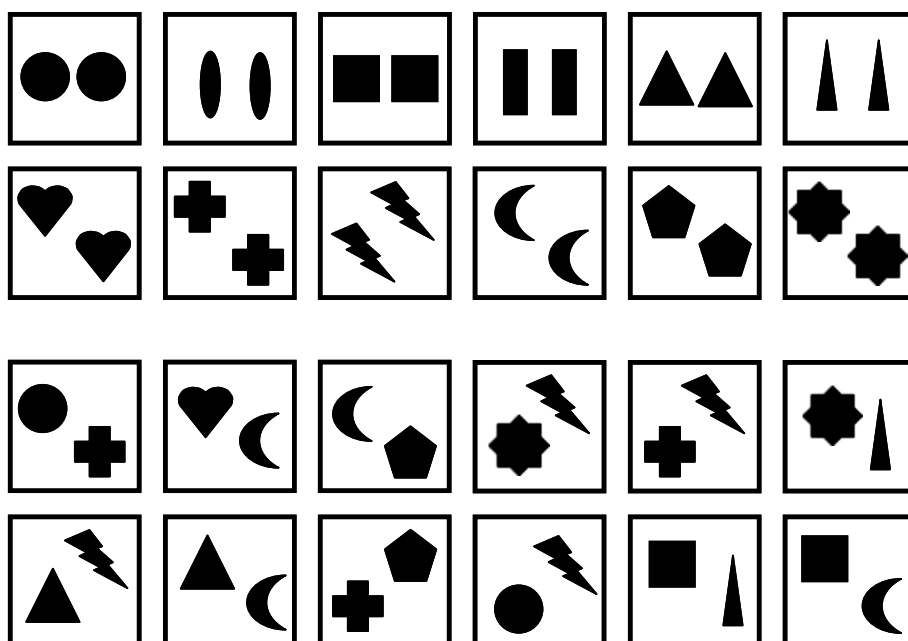


Рисунок 8. Стимулы, использованные в третьем тесте на симметричность отношений (12 изображений пар фигур одинакового размера и формы, и 12 изображения пар фигур одинакового размера и разной формы).

IV Тест на рефлексивность

13. Тест на понимание рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым: в 24 тестовых пробах образец был идентичен одному из стимулов для выбора; на одном из стимулов для выбора были изображены пары фигур одинаковой формы, а на другом — разной. В 72 фоновых пробах образцы — изображений пар фигур одинаковой или разной формы, стимулы для выбора – буквы «S» и «V».

2.2.3. Эксперимент 2

Эксперимент провели с другими четырьмя серыми воронами. Три птицы не имели предшествующего экспериментального опыта; у одной вороны (Ворона 2) был экспериментальный опыт, не имеющий отношения к выбору по сходству или по условному соответствию с образцом. Тест на симметричность был единственным, его провели после завершения обучения со всеми стимулами, тестов на перенос правила выбора и дополнительного обучения со всеми 48 использованными стимулами.

Этапы эксперимента 2:

I Обучение выбору по условному соответствию образцу

1. Обучение выбору по условному соответствию образцу поочередно с парами стимулов: кругами, эллипсами, квадратами, прямоугольниками, равносторонними треугольниками, равнобедренными треугольниками (рис. 5), образцы — изображения букв «S» и «V». Пару стимулов заменяли на следующую после достижения критерия обученности с предыдущей.

2. Продолжение обучения выбору по условному соответствию образцу при чередовании всех шести пар стимулов (образцы — «S» и «V»).

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

3. Тест на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые (ранее не использованные) стимулы, различающиеся по знакомому признаку (размеру фигур). И в фоновых, и в тестовых пробах образцы — изображения букв «S» и «V». В 24 тестовых пробах стимулы для выбора — шесть новых пар стимулов одной формы одинакового или разного размера (12 изображений фигур одинакового либо разного размера), рис. 6. 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).

4. Доучивание выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе: образцы — «S» и «V»; стимулы для выбора — шесть пар стимулов с изображениями двух фигур одной формы одинакового или разного размера.

5. Тест на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по новому признаку (форме фигур). И в фоновых, и в тестовых пробах образцы — изображения букв «S» и «V». В 24 тестовых пробах стимулы для выбора — 24 новые пары стимулов, составленные из ранее использованных 12 стимулов с изображениями двух фигур разного размера и одной формы и 24 новых

стимула с изображениями двух фигур разного размера и разной формы (например, треугольник и пятиугольник, крест и полумесяц), рис. 7. В 72 фоновых пробах для выбора предлагаются ранее использованные пары стимулов.

III Тест на симметричность (основной, единственный в данном эксперименте)

6. Доучивание выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе: образцы — изображения букв «S» и «V»; стимулы для выбора — 24 пары (описаны выше).

7. Тест на понимание симметричности отношений: в 24 тестовых пробах образцы — 24 изображения фигур одинакового размера и одинаковой формы или разной формы; стимулы для выбора — изображения букв «S» и «V». В 72 фоновых пробах образцы — изображения букв «S» и «V»; стимулы для выбора — 12 пар (те же, что были использованы в тестовых пробах в качестве образцов).

IV Тест на рефлексивность

8. Тест на понимание рефлексивности отношений, состоявший 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).

Статистическая обработка полученных данных

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»; односторонний тест).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале

Время чистки зоны метки и время чистки остальных зон тела для каждой птицы в роли тестируемой вороны и в роли «соседа» отдельно для каждого этапа (ознакомление, тест, контроль) подсчитаны при анализе видеозаписей экспериментальных сессий и приведены в таблицах 1 и 2 Приложения 1. На основе этих данных мы рассчитали *относительное время чистки зоны метки* (отношение времени чистки зоны метки ко времени чистки остальных частей тела, результаты расчетов приведены в табл. 2), для каждой птицы на каждом из этапов; и этот показатель использовали для дальнейшего анализа.

Таблица 2

Относительное время чистки зоны метки для каждой вороны в роли тестируемой и в роли «соседа». Первая строка: время, потраченное на чистку зоны метки (а) и остальных частей тела (b): а/б. Вторая строка: относительное время чистки зоны метки

Ворона	Как тестируемая ворона			Как «сосед»		
	Ознакомл.	Тест	Контроль	Ознакомл.	Тест	Контроль
Ворона 1	34/255	68/198	11/108	21/66	14/59	5/64
	0,1333	0,3434	0,1019	0,3182	0,2373	0,0781
Ворона 2	12/90	25/68	13/87	10/74	8/59	8/62
	0,1333	0,3676	0,1494	0,1351	0,1356	0,1290
Ворона 3	42/384	91/289	43/216	122/389	31/255	16/114
	0,1094	0,3149	0,1991	0,3136	0,1216	0,1404
Ворона 4	60/351	50/205	18/92	9/80	13/126	7/63
	0,1709	0,2439	0,1957	0,1125	0,1032	0,1111

Затем провели три серии сравнений этих данных, чтобы выяснить, (1) будут ли помеченные вороны дольше чистить зону нанесения метки перед зеркалом, чем в отсутствие зеркала; (2) влияет ли наличие помеченного сородича на время чистки зоны нанесения метки; (3) влияет ли наличие метки (в отсутствие зеркала) на время чистки зоны ее нанесения. Результаты сравнений приведены далее.

3.1.1. Влияние наличия зеркала на чистку зоны нанесения метки

В основе классического теста с меткой лежит предположение о том, что если животное узнает себя в зеркале, то оно будет дольше чистить зону метки в тесте с зеркалом, чем в контроле без зеркала. В нашем эксперименте мы для каждой вороны сравнили относительное время чистки зоны метки в тесте (с зеркалом) и в контроле (без зеркала), схема сравнения приведена на рис. 9А. Результаты сравнения проведены в табл.3.

Таблица 3

Сравнение показателя чистки зоны метки у помеченной вороны в тесте (с зеркалом) и в контроле (без зеркала). Курсивом выделен статистически значимый результат

Ворона	Сравнение
	тест (тестируемая)/контроль (тестируемая)
Ворона 1	<i>0.34/0.10</i> <i>$p=0.0002, \chi^2$</i>
Ворона 2	<i>0.37/0.15</i> <i>$p=0.0154, \chi^2$</i>
Ворона 3	<i>0.31/0.20</i> <i>$p=0.0252, \chi^2$</i>
Ворона 4	0.24/0.20 $p=0.4651, \chi^2$

Три птицы из четырех дольше чистили зону метки при наличии зеркала, чем без него, то есть наличие отражения помеченной вороны увеличивает ее внимание к метке (соотношение показателей проиллюстрировано на рис.10В.

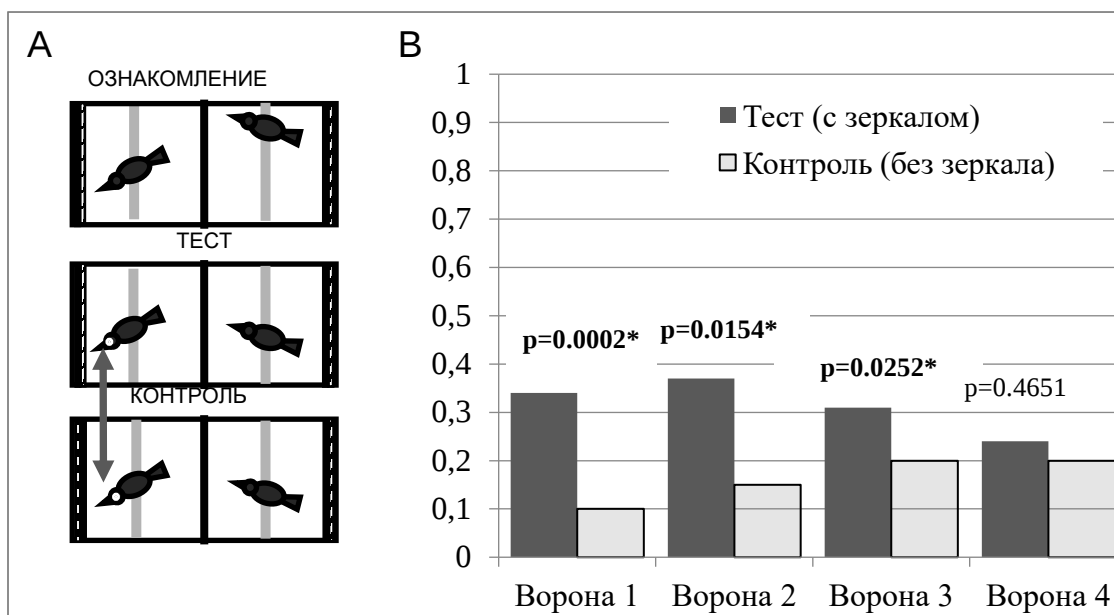


Рисунок 9. Влияет ли наличие зеркала на чистку зоны метки: сравнение показателя чистки зоны метки у помеченной вороны в тесте (с зеркалом) и в контроле (без зеркала). А – схема сравнения. В – результаты сравнения. $^*p<0.05, \chi^2$

Таким образом, согласно результатам данного сравнения, положительный результат в тесте с меткой был получен у трех ворон (Вороны 1, Вороны 2, Вороны 3). Но кроме самоузнавания такой результат можно объяснить и другими факторами: например, наличие помеченного соседа могло увеличивать их внимание к зоне нанесения метки. Для того, чтобы оценить возможное влияние этого фактора, было проведено следующее сравнение.

3.1.2. Влияние присутствия помеченного «соседа» на время чистки зоны нанесения метки.

Для того, чтобы определить, будет ли ворона дольше чистить зону метки в присутствии помеченного сородича, сравнили относительное время чистки зоны метки у непомеченной вороны-«соседа»:

- на стадии ознакомления и на стадии теста;
- на стадии ознакомления и на стадии контроля.

Схемы сравнений приведены на рис. 10А, 10С. Результаты сравнения приведены в табл.4.

Таблица 4

Сравнение относительного времени чистки зоны метки у непомеченной вороны в присутствии помеченного «соседа» (будет ли ворона дольше чистить зону метки в присутствии помеченного сородича?)

Ворона	Сравнение	
	ознакомление («сосед») /тест («сосед»)	ознакомление («сосед») /контроль («сосед»)
Ворона 1	0.32/0.24 $p=0.4497, \chi^2$	0.32/0.08 $p=0.0095, \chi^2$ (с поправкой Йейтса) <i>чистит дольше, когда сородич без метки</i>
Ворона 2	0.14/0.14 $p=0.8056, \chi^2$ (с поправкой Йейтса)	0.14/0.13 $p=0.8727, \chi^2$ (с поправкой Йейтса)
Ворона 3	0.31/0.12 $p=0.00001, \chi^2$ <i>чистит дольше, когда сородич без метки</i>	0.31/0.14 $p=0.0042, \chi^2$ <i>чистит дольше, когда сородич без метки</i>
Ворона 4	0.11/0.10 $p=0.9678, \chi^2$ (с поправкой Йейтса)	0.11/0.11 $p=0.9813, \chi^2$ (с поправкой Йейтса)

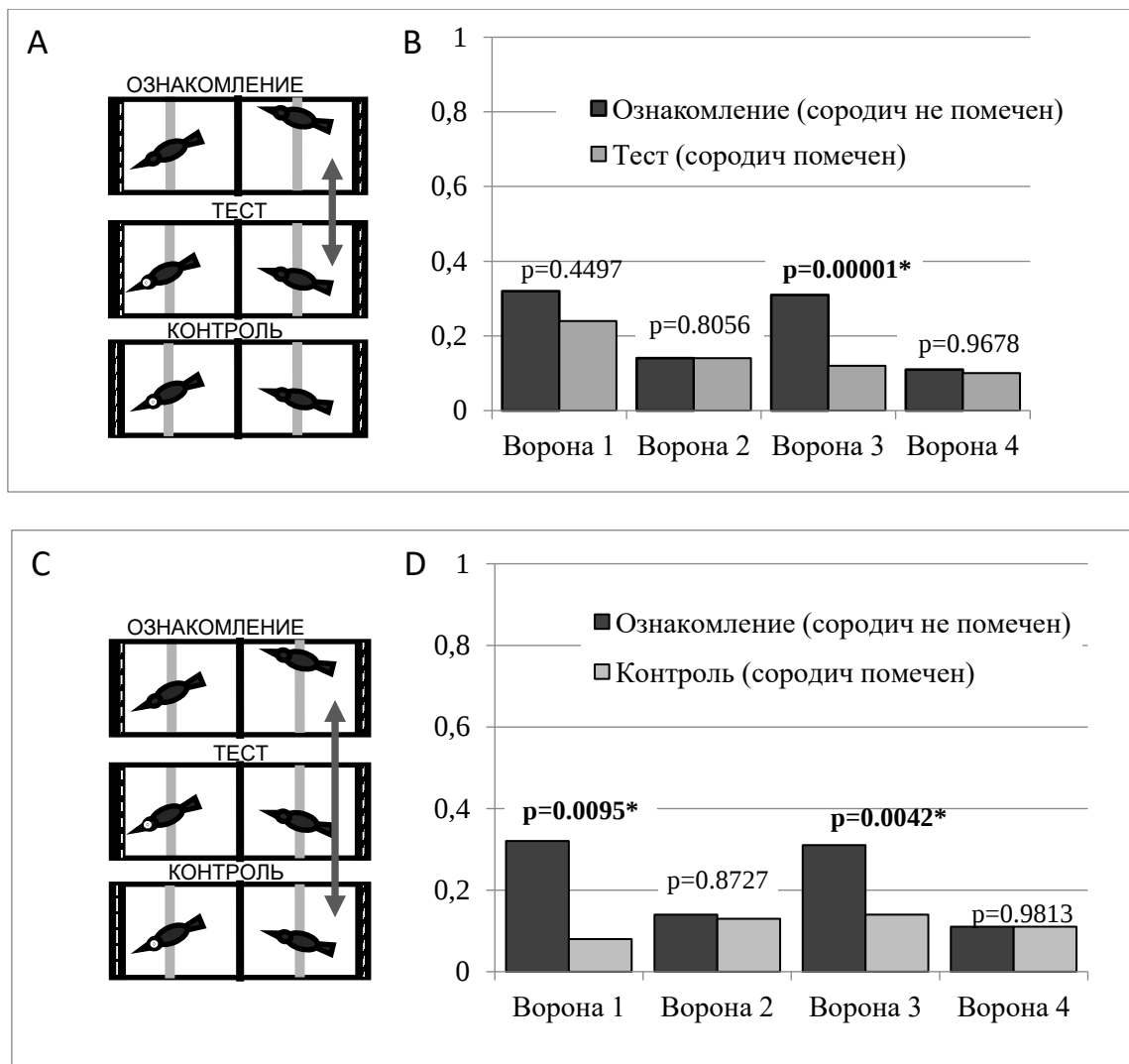


Рисунок 10. Влияет ли присутствие помеченного сородича на время чистки зоны метки: Сравнение показателя чистки зоны метки у непомеченной вороны-«соседа»: А, В – на стадии ознакомления и на стадии теста; С, D – на стадии ознакомления и на стадии контроля. А, С – схемы сравнений. В, D – результаты сравнений. * $p < 0.05$, χ^2

Две птицы из четырех (Ворона 1 во втором сравнении, рис.10D, и Ворона 3 в обоих сравнениях, рис.10B, 10D) дольше чистили зону метки в присутствии непомеченного сородича. У других двух птиц (Ворона 1 и Ворона 4) не выявлено достоверных различий в показателе чистки зоны метки, то есть на них не влияло, была ли метка на сородиче. Таким образом, вороны не чистили зону метки дольше из-за присутствия помеченного сородича.

Следующую серию сравнений мы провели, чтобы выяснить, влияет ли наличие метки на время чистки зоны ее нанесения (то есть ощущают ли вороны нанесенную на них метку).

3.1.3. Влияние метки на время чистки зоны ее нанесения

Чтобы определить, будет ли метка сама по себе влиять на время чистки (т.е. ощущает ли птица метку), мы сравнили относительное время чистки зоны метки у помеченной вороны в контроле с этим показателем у этой же вороны:

- непомеченной, в роли тестируемой на стадии ознакомления;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии ознакомления;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии теста;
- непомеченной, в роли «соседа» на стадии контроля.

Как видно из полученных данных (результаты сравнений приведены ниже в табл.5), одна серая ворона (Ворона 3) в двух сравнениях чистила зону нанесения метки дольше, если она была помечена (сопоставление схемы сравнений и результатов приведено ниже, рис. 11). Вероятно, в некоторых сессиях мы могли нанести метку неудачно, и птица все же могла ее ощущать. Но три из четырех птиц (Ворона 1, Ворона 2, Ворона 4) не чистили дольше голову, если на них была нанесена метка. Таким образом, можно сказать, что эти три птицы нанесенную на них метку не ощущали.

Взятые вместе, полученные результаты данного эксперимента говорят о самоузнавании у Вороны 1 и Вороны 2. У Вороны 3 результаты сравнений показателя чистки в двух разных условиях – с меткой и без метки – говорят о том, что метку она могла ощущать, поэтому ее результат не столь однозначен. У Вороны 4 в тесте с меткой был получен отрицательный результат. Это может указывать на индивидуальные различия, которые выявляются в сложных когнитивных тестах даже у шимпанзе (Povinelli et al., 1993) и человека (например, Gallup et al., 2003; Tomanari, 2006).

Таблица 5.

Сравнение относительного времени чистки зоны метки у вороны в зависимости от наличия метки (влияет ли метка на время чистки зоны ее нанесения)

Ворона	Сравнение			
	Ознакомление (тестируемая)/ Контроль (тестируемая)	Ознакомление («сосед»)/ Контроль (тестируемая)	Тест («сосед»)/ Контроль (тестируемая)	Контроль (тестируемая)/ Контроль («сосед»)
Ворона 1	0.13/0.10 p=0.46, χ^2	0.32/0.10 p=0.0036, χ^2 <i>чистит дольше без метки</i>	0.24/0.10 p=0.0471, χ^2 <i>чистит дольше без метки</i>	0.08/0.1 p=0.84, χ^2 (с поправкой Йейтса)
Ворона 2	0.13/0.15 p=0.7898, χ^2	0.14/0.15 p=0.8229, χ^2	0.14/0.15 p=0.9716, χ^2 (с поправкой Йейтса)	0.13/0.15 p=0.9445, χ^2 (с поправкой Йейтса)
Ворона 3	0.11/0.20 p=0.0094, χ^2	0.31/0.20 p=0.0202, χ^2 <i>чистит дольше без метки</i>	0.31/0.20 p=0.0498, χ^2	0.14/0.2 p=0.2653, χ^2
Ворона 4	0.17/0.20 p=0.6449, χ^2	0.1125/0.20 p=0.2836, χ^2 (с поправкой Йейтса)	0.1031/0.20 p=0.0961, χ^2	0.11/0.2 p=0.3259, χ^2 (с поправкой Йейтса)

Рисунок 11. Влияет ли наличие метки на время чистки зоны ее нанесения: сопоставление схемы сравнений (А, С, Е, G) и сравнения показателя чистки зоны метки у вороны в разных условиях (В, D, F, H). *p<0.05, χ^2 в контроле у тестируемой вороны (с меткой) и у соседа (без метки).

Таким образом, можно заключить, что отдельные представители серых ворон способны к самоузнаванию в зеркале после длительного ознакомления со свойствами отражающей поверхности.

3.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым

3.2.1. Эксперимент 1 (тест на симметричность после демонстрации возможности таких отношений).

I Обучение выбору по условному соответствию образцу (с промежуточными тестами на симметричность)

1. В данном эксперименте обучение двух серых ворон выбору по условному соответствию образцу начали проводить со всеми двенадцатью стимулами для выбора (стимулы приведены выше на рис. 5). Положительной динамики при обучении обнаружено не было. Одна из этих двух птиц (Ворона 5) погибла до окончания эксперимента, в котором было выполнено 3600 проб. Со второй птицей (Ворона 6) обучение пришлось прервать после 1700 проб из-за усиления у нее невротических реакций (рис. 12, рис. 13).



Рисунок 12. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двенадцатью стимулами для выбора (Ворона 5). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$



Рисунок 13. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двенадцатью стимулами для выбора (Ворона 6). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$

2. При обучении двух других ворон (Ворона 7 и Ворона 1) задачу упростили: использовали только четыре стимула для выбора — круги и эллипсы. С каждой птицей было выполнено 2000 проб, стабильной положительной динамики обнаружено не было (рис. 14, рис. 15).



Рис. 14. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя стимулами для выбора (Ворона 7). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$



Рис. 15. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с четырьмя стимулами для выбора (Ворона 1). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$

3. Поскольку при двух использованных выше условиях положительного результата не достигли, далее задачу максимально упростили и этих же птиц обучали выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора (кругами). В этих условиях при обучении появилась положительная динамика; критерий обученности был достигнут обеими птицами за 2328 (рис.17) и 2248 проб (рис. 18) соответственно.

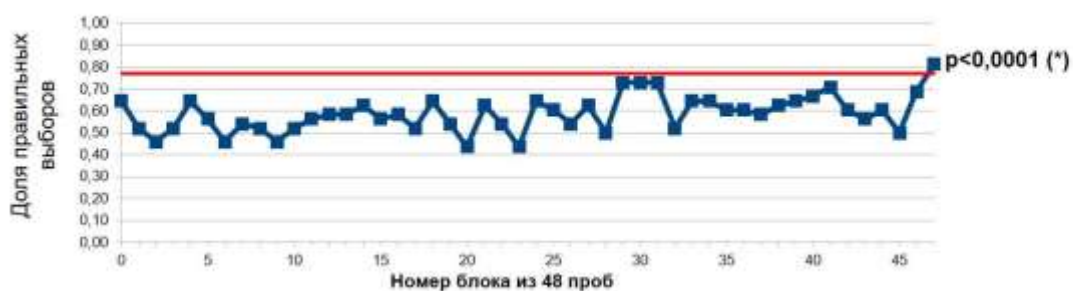


Рисунок 16. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора (Ворона 7). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$

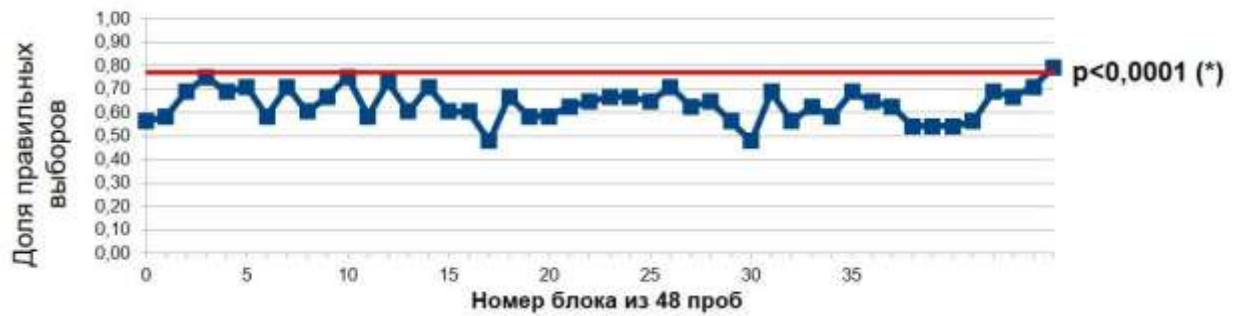


Рисунок 17. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора (Ворона 1). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$

4. С обеими птицами, достигшими критерия обученности, провели первый (промежуточный) тест на понимание симметричности отношений, в тестовых пробах которого образцы и стимулы для выбора поменяли местами (В-А). Доля правильных решений у обеих воронок не отличалась от случайного уровня: 45.8% ($p=0.68$; $n=48$) и 54.2% ($p=0.24$; $n=48$) соответственно, то есть с тестом они не справились. В фоновых пробах (А-В), птицы продолжали успешно решать ранее усвоенную задачу: 79.9% ($p < 0.0001$; $n=144$) и 81.3% ($p < 0.0001$; $n=144$). Результаты этого и следующих тестов в этом эксперименте приводятся ниже в таблице 6.

5. При продолжении обучения выбору по условному соответствию образцу с каждой из оставшихся пяти пар стимулов обе вороны достигали критерия обученности с каждой новой парой стимулов принципиально быстрее – за число проб близкое к минимальным 96 (96-144). Число проб, потребовавшееся воронам для достижения критерия обученности на разных этапах обучения выбору по условному соответствию образцу, приведено в таблице 7).

6. При продолжении обучения выбору по условному соответствию образцу при чередовании всех двенадцати стимулов для выбора вороны достигли критерия обученности за 96 и 184 пробы (см. таблицу 7).

Таблица 6

Результаты тестов (эксперимент 1) * $p < 0.05$ в тестовых пробах

Тип теста	Ворона 7			Ворона 1		
	Тестовые пробы (a)	Фоновые пробы (b)	Достоверность различий между (a) и (b)	Тестовые пробы (a)	Фоновые пробы (b)	Достоверность различий между (a) и (b)
Тест 1 на симметричность	45.8% $p=0.68$ $n=48$	79.9% $p<0.0001$ $n=144$	$p<0.0001$	54.2% $p=0.24$ $n=48$	81.3% $p<0.0001$ $n=144$	$p<0.001$
Тест 2 на симметричность	64.6%* $p=0.02$ $n=48$	84.7% $p<0.0001$ $n=144$	$p=0.03$	50.0% $p=0.44$ $n=48$	90.9% $p<0.0001$ $n=144$	$p<0.0001$
Перенос правила выбора на стимулы знакомого типа	79.2%* $p=0.0008$ $n=24$	86.1% $p<0.0001$ $n=72$	$p>0.05$	79.2%* $p=0.0008$ $n=24$	87.5% $p<0.0001$ $n=72$	$p>0.05$
Перенос правила выбора на стимулы нового типа	66.7%* $p=0.0319$ $n=24$	75.0% $p=0.0033$ $n=24$	$p=0.0067$	75.0%* $p<0.0001$ $n=72$	79.2% $p<0.0001$ $n=72$	$p=0.3336$
Тест 3 на симметричность	66.7%* $p=0.0319$ $n=24$	83.3% ($p<0.0001$; $n=72$)	$p<0.05$	79.2%* $p=0.0008$ $n=24$	86.1% $p<0.0001$ $n=72$	$p>0.05$
Тест на рефлексивность	-	-	-	18/24* 75% $p=0.0033$	48/72 66.7% $p=0.00147$	$p=0.2237$

Таблица 7

Число проб, потребовавшееся воронам для достижения критерия обученности на разных этапах обучения выбору по условному соответствию образцу

	Круги	Эллипсы	Квадраты	Прямоугольники	Треугольники равносторонние	Треугольники равнобедренные	Чередование всех 6 пар стимулов
Ворона 7	2248	96	96	96	128	128	96
Ворона 1	2328	96	144	144	144	144	184

7. Во втором (промежуточном) тесте на понимание симметричности отношений в тестовых пробах (В-А), в которых образцами были 12 изображений фигур, а стимулами для выбора — «S» и «V», доля правильных решений у Вороны 7 превышала случайный уровень (64.6%, $p=0.02$; $n=48$), тогда как у Вороны 1 — не отличалась от него (50.0%, $p=0.44$; $n=48$). В фоновых пробах обе птицы успешно решали ранее усвоенную задачу выбора по условному соответствию образцу: 84.7% ($p<0.0001$; $n=144$) и 90.9% ($p<0.0001$; $n=144$). Доли правильных решений в тестовых и фоновых пробах у Вороны 7 достоверно отличались ($p=0.0015$), т.е. он хуже справлялся с новой задачей в тестовых пробах (В-А), чем со знакомой задачей (А-В) в фоновых пробах.

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

8. В тесте на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по знакомому признаку (размеру фигур), доля правильных выборов в тестовых пробах у обеих ворон оказалась одинаковой и составила 79.2% ($p=0.0008$; $n=24$). В фоновых пробах обе птицы продолжали успешно решать задачу выбора по условному соответствию образцу: 86.1% ($p<0.0001$; $n=72$) и 87.5% ($p<0.0001$; $n=72$). Доли правильных решений в тестовых и в фоновых пробах у обеих ворон не отличались ($p=0.2111$ и $p=0.1604$), т.е. птицы одинаково успешно решали данную задачу как со знакомыми, так и с новыми стимулами. Таким образом, обе птицы справились с тестом, выполнив обобщение на допонятийном уровне: они решали задачу выбора по образцу с любыми фигурами, одинаковыми (если образцом был знак «S») или разными (если образцом был знак «V») по размеру.

9. При доучивании выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем (восьмом) этапе, каждая из ворон достигла критерия обученности за

минимально возможное число проб (96). У обеих ворон доля правильных решений в первых 48 пробах (77.1% и 81.3%) не отличалась ($p=0.05$ и $p=0.2949$) от таковой в последних 48 пробах (89.6% и 85.4%).

10. В тесте на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по новому признаку (форме фигур), доля правильных выборов в тестовых пробах у двух ворон составила 66.7% ($p=0.03195$; $n=24$) и 75.0% ($p=0.0033$; $n=24$). В фоновых пробах вороны продолжали успешно решать задачу выбора по условному соответствию образцу со знакомыми стимулами: 88.9% ($p<0.0001$; $n=72$) и 79.2% ($p<0.0001$; $n=72$). Доли правильных решений в тестовых и в фоновых пробах достоверно отличались у первой вороны ($p=0.0067$), и не отличались у второй ($p=0.3336$). Таким образом, первая птица, в отличие от второй, хуже решала задачу выбора по условному соответствию образцу со стимулами, различающимися по новому признаку (форме фигур), чем со знакомыми. Тем не менее, обе птицы справились с тестом: они решали задачу выбора по образцу с любыми одинаковыми (если образцом был знак «S») или разными (если образцом был знак «V») фигурами, т.е. связали знаки «S» и «V» не с конкретными стимулами, использованными при обучении, а с понятиями «сходство» и «различие».

III Третий (основной) тест на симметричность

11. При доучивании выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем (десятом) этапе каждая из ворон достигла критерия обученности за минимально возможное число проб (96). У обеих ворон доли правильных решений в первых 48 пробах (77.1% и 83.3%) не отличались ($p=0.1488$ и $p=0.3939$) от таковой в последних 48 пробах (85.4% и 81.2%).

12. После того, как серые вороны связали знаки «S» и «V» с понятиями, с ними провели третий (основной) тест на понимание

симметричности отношений. В тестовых пробах (B-A) образцами были новые изображения фигур одинакового размера и одинаковой или разной формы, а стимулами для выбора — «S» и «V». Доли правильных решений у двух ворон составили 66.7% ($p=0.03195$, $n=24$) и 79.2% ($p=0.00077$, $n=24$) соответственно. В фоновых пробах птицы продолжали успешно решать ранее усвоенную задачу выбора по условному соответствию образцу с этими же стимулами (A-B): 83.3% ($p<0.0001$; $n=72$) и 86.1% ($p<0.0001$; $n=72$). Доли правильных решений в тестовых и в фоновых пробах достоверно отличались у первой вороны ($p=0.0431$), и не отличались у второй ($p=0.2111$). Таким образом, первая птица, в отличие от второй, хуже справлялась с новой задачей в тестовых пробах (B-A), чем со знакомой задачей (A-B) в фоновых пробах. Тем не менее, обе птицы справились с тестом на симметричность без непосредственного обучения этому свойству эквивалентных отношений.

IV Тест на рефлексивность

13. С одной из двух ворон далее провели тест на рефлексивность отношений, в котором оценивали, может ли птица без дополнительного обучения выбирать не по условному соответствию, а по сходству с образцом. Результат теста был положительный (66.7% правильных выборов в фоновых пробах, $p<0.01$; 75% правильных выборов в тестовых пробах, $p<0.01$). Таким образом, серая ворона без дополнительного обучения справилась с тестом на понимание рефлексивности отношений. Причем задача выбора по сходству с образцом, которой птицу специально не учили, оказалась для нее легче, чем задача выбора по условному соответствию образцу, которой эту ворону обучали в течение длительного времени. Этот результат говорит пользу предположения о том, что симметричность является наиболее важным свойством эквивалентных отношений: если отношения симметричности сформированы, то другое свойство — рефлексивность — также возникает.

Итак, после обучения выбору по условному соответствию образцу две серые вороны справились с третьим тестом на понимание симметричности

отношений. Возможно, это связано с тем, что к моменту проведения теста птицы прошли длительное обучение выбору по условному соответствию образцу, выполнили операцию обобщения и связали знаки (изображения букв «S» и «V») с понятиями сходства и различия. Но положительный результат в третьем тесте на симметричность может быть связан с тем, что в процессе первых двух тестов птицы уже сталкивались с ситуацией, когда образец и стимул для выбора меняют местами. Таким образом, им демонстрировали возможность симметричных отношений между знаком и обозначаемым.

Чтобы исключить влияние этого фактора, и подтвердить влияние типа обозначаемого на положительный результат теста на симметричность, необходимо обучить новых ворон обобщенному правилу выбора по условному соответствию образцу, убедиться, что обозначаемыми знаков стали понятия, и затем провести единственный тест на понимание симметричности отношений.

3.2.2. Эксперимент 2 (тест на симметричность без демонстрации возможности таких отношений)

На результаты третьего теста на симметричность отношений между знаком и обозначаемым в предыдущем эксперименте могло повлиять то, что воронам в течение первых двух таких тестов демонстрировали возможность симметричных отношений между знаком и обозначаемым. В данном эксперименте с птицами провели только один такой тест после завершения обучения.

I Обучение выбору по условному соответствию образцу

1. 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 (Ворона 2 и Ворона 8) достигли критерия обученности с двумя стимулами для выбора (парами кругов одинакового или разного размера) за 3168 (рис.18) и 6624 (рис.19) проб соответственно.



Рисунок 18. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора – кругами (Ворона 2). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N = 96$.

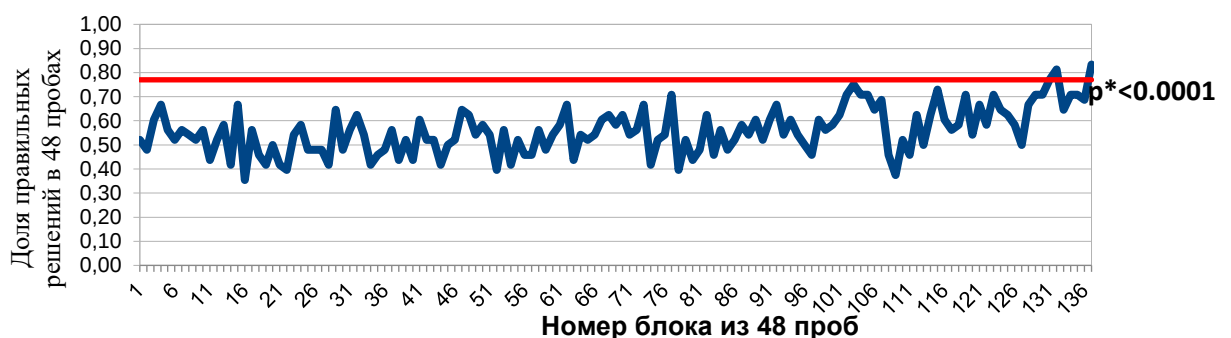


Рисунок 19. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора – кругами (Ворона 8). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N = 96$.

Затем обучение птиц выбору по условному соответствию образцу продолжили с новой парой стимулов для выбора — изображениями пар эллипсов. Ни одна из двух птиц не смогла перенести ранее усвоенный навык

на новые стимулы, что свидетельствует о том, что на первом этапе обучения у них сформировались два частных правила выбора «если <стимул 1>, то <стимул 2>», применимые только к изображениям кругов. На втором этапе Ворона 2 достигла критерия обученности значительно быстрее — за 896 проб (динамика обучения представлена на рис. 20); Ворона 8 погибла от вышеупомянутой эпизоотии кокцидиоза после того, как с ней было сделано 480 проб.

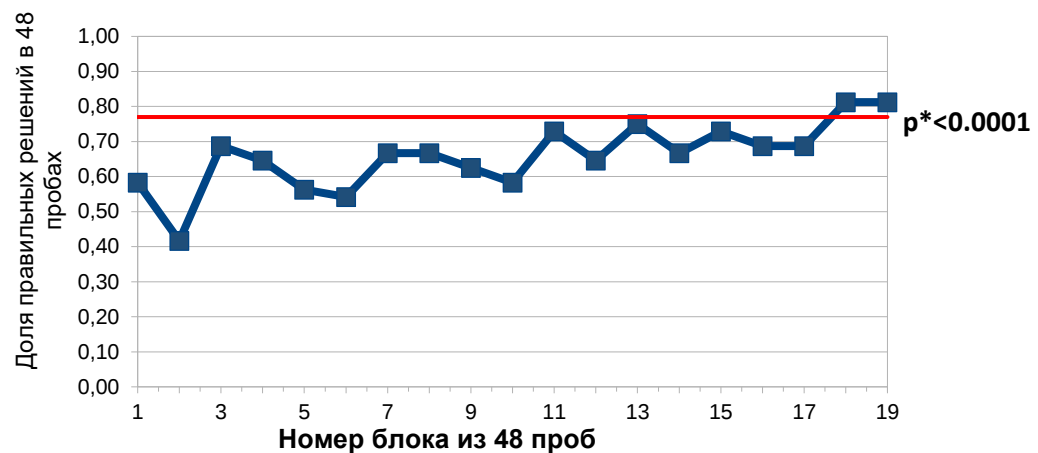


Рисунок 20. Динамика обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора — эллипсами (Ворона 2). * доля правильных выборов, при которой вероятность наблюдения случайных отличий между частотами проявлений признака $p < 0.0001$ для $N=96$.

На следующем этапе (стимулы для выбора — изображения пар квадратов) Ворона 2 достигла 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, табл.8). 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.

Таблица 8

Число проб, потребовавшееся воронам для достижения критерия обученности на разных этапах обучения выбору по условному соответствию образцу (эксперимент 2).

	Круги	Эллипсы	Квадраты	Прямоугольники	Треугольники равносторонние	Треугольники равнобедренные	Чередование всех 6 пар стимулов
Ворона 2	3168	896	96	184	96	96	96
Ворона 8	6624	>480	-	-	-	-	-

2. На заключительном этапе обучения, на котором чередовали все шесть пар стимулов для выбора, для достижения критерия обученности Вороне 2 потребовалось минимальное количество – 96 проб (табл. 8). Это может говорить о том, что она выучила 12 правил для выбора «если, ... то...», или же – что она связала знаки «S» и «V» с понятиями «сходство» и «различие».

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

3. В тесте на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по знакомому признаку (размеру фигур), доля правильных выборов в тестовых пробах составила 83.3% ($n=24$; $p=0.0001$; результаты этого и последующих тестов приведены в табл.9). В фоновых пробах серая ворона также успешно решала знакомую задачу: 86.12% правильных выборов, ($n=72$; $p<0.0001$). Таким образом, Ворона 2 решала задачу выбора по образцу с любыми фигурами, одинаковыми (если образцом был знак «S») или разными (если образцом был знак «V») по размеру, т.е. она выполнила обобщение на допонятийном уровне.

4. При доучивании выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе, серая ворона достигла критерия обученности за минимально возможное число проб (96), сделав в них 79 правильных выборов. Доля правильных решений в первых 48 пробах (79.17%) достоверно не отличалась ($p=0.2112$) от таковой в последних 48 пробах (85.42%).

5. В тесте на перенос правила выбора по условному соответствию образцу на новые стимулы, различающиеся по новому признаку (форме фигур), доля правильных выборов в тестовых пробах составила 70.8% ($n=24$; $p=0.011$), в фоновых пробах – 84.79% ($n=72$, $p<0.0001$). Доли правильных решений в тестовых и в фоновых пробах достоверно не отличались ($p=0.657$), то есть серая ворона решала и знакомую, и новую задачи одинаково успешно. Эта птица справилась с обоими тестами на перенос правила выбора на новые стимулы: она решала задачу выбора по образцу с любыми одинаковыми (если образцом был знак «S») или разными (если образцом был знак «V») фигурами, т.е. связала знаки «S» и «V» не с конкретными стимулами, использованными при обучении, а с понятиями «сходство» и «различие».

Таблица 9

Результаты тестов (эксперимент 2)

Тип теста	Тестовые пробы (а)	Фоновые пробы (b)	Достоверность различий между (а) и (b)
Перенос правила выбора на стимулы знакомого типа	83.3% 20/24; p=0.0001	86.12% 62/72; p<0.0001	p=0.3677
Перенос правила выбора на стимулы нового типа	70.8% 17/24; p=0.011	84.79% 61/72 p<0.0001	p=0.657
Тест на симметричность	95.8% 23/24, p<0.0001	93.1 67/72, p<0.0001	p=0.3183
Сравнение первых 12 проб с последующими (тест)	Первые 12 проб	Последующие 12 проб	Сравнение первых 12 проб с последующими p=0.1540
	91.7% 11/12 p=0.00024	100% 12/12	
Сравнение первых 12 проб с последующими (фон)	91.7% 33/36	94.4% 34/36	p=0.3262
Тест на рефлексивность (часть 1)	79.2% (19/24, p=0.0008)	80.6% (58/72; p<0.0001)	p=0.4409
Сравнение первых 12 проб с последующими (тест)	Первые 12 проб	Последующие 12 проб	p=0.3084
	83.3% 10/12 p=0.0034	75% 9/12 p=0.01928	
Сравнение первых 12 проб с последующими (фон)	83.3% 30/36	80.5% 29/36	p=0.3788
Тест на рефлексивность (часть 2)	83.3% (20/24; p=0.0001)	75.0% (54/72; p<0.0001)	p=0.2022
Тест на рефлексивность (часть 3)	Всего 39/48, (0,8125), p=0.00000165 87.5% (цифры) (21/24;	81.9% (118/144; p<0.0001)	p=0.2514 p=0.2135

	$p < 0.0001$ 75% (S/V) (18/24; $p = 0.003$)		
--	---	--	--

III Тест на симметричность (основной, единственный в данном эксперименте)

6. При доучивании выбору по условному соответствию образцу со стимулами для выбора, использованными в тестовых пробах на предыдущем этапе, серая ворона достигла критерия обученности за минимально возможное число проб (96), сделав 83% правильных выборов. Доля правильных решений первых 48 пробах (89.58%) не отличалась ($p = 0.1855$) от таковой в последних 48 пробах (83.33%).

7. 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% ($n = 72$, $p < 0.0001$). Таким образом, серая ворона справилась с тестом на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым без непосредственного обучения. Если в первом эксперименте на положительный результат теста кроме типа обозначаемого могла повлиять демонстрация возможности симметричных отношений в ходе первых (промежуточных) тестов на симметричность, то в данном эксперименте положительный результат мог быть обусловлен только типом обозначаемого, которым к моменту его проведения стали понятия «сходство» и «различие».

IV Тест на понимание рефлексивности отношений

8. 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%, $n=288$, $p<0.0001$).

Таким образом, в этом эксперименте, как и в предыдущем, серая ворона, связавшая знаки с понятиями «сходство» и «отличие» и справившаяся с тестом на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым, спонтанно справилась с тестом на рефлексивность отношений. Эти результаты подтверждают предположение о том, что симметричность наиболее значима для формирования эквивалентных отношений, и если отношения симметричности сформированы, то другое свойство – рефлексивность – также возникает.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале

Как показано в литературе, результат теста с меткой у различных животных зависит от того, насколько они знакомы с зеркалом (Gallup, 1970; Gieling et al., 2014), поэтому в нашей работе мы обратили особое внимание на этот фактор. Все четыре серые вороны, участвовавшие в нашем эксперименте, имели значительный опыт знакомства со свойствами отражающей поверхности зеркала: они 6 месяцев жили в вольере, где было установлено зеркало, а затем, уже в ходе эксперимента на этапе ознакомления находились в клетке с зеркалом рядом со знакомым сородичем в течение четырех пятнадцатиминутных сессий. Птицы могли изучить зеркало со всех сторон, сопоставить собственное отражение с отражением знакомых сородичей и различных предметов (игрушек, кормушек, поилок). Предположение, что возможность заглянуть за зеркало, присутствие сородичей и наличие различных объектов для манипулирования при ознакомлении могут способствовать самоузнаванию, встречается и в литературе (van Buuren et al., 2019).

В нашем эксперименте у трех ворон из четырех относительное время чистки зоны нанесения метки было достоверно выше в тесте с зеркалом, чем в контроле без зеркала (рис. 10). Таким образом, у них был получен положительный результат в классическом тесте с меткой, что говорит об их способности к самоузнаванию. Тем не менее, этот результат мог быть обусловлен другими, случайными факторами, которые были проанализированы в нашей работе.

Влияние присутствия помеченного «соседа». Даже в отсутствие самоузнавания у тестируемой вороны она могла увеличить внимание к зоне нанесения метки, видя в зеркале отражение помеченной птицы. Такой эффект

возможен за счет социального облегчения – процесса, посредством которого присутствие сородичей может привести к изменениям в поведении данной особи (Ward, Webster, 2016). Чтобы выяснить, влиял ли этот фактор в нашем случае, мы провели два сравнения. Во-первых, мы сравнили относительное время чистки зоны метки у непомеченной вороны-«соседа» на стадии ознакомления (в этом случае в соседней с ней клетке находилась непомеченная тестируемая ворона) и на стадии теста (в соседней клетке – помеченная тестируемая ворона). Одна ворона (Ворона 3) достоверно дольше чистила зону нанесения метки, если сородич был не помечен.

Во-вторых, мы сравнили относительное время чистки зоны метки у непомеченной вороны-«соседа» на стадии ознакомления (в соседней клетке тестируемая ворона без метки) и на стадии контроля (в соседней клетке ворона с меткой). Две вороны (Ворона 2 и Ворона 3) достоверно дольше чистили зону нанесения метки в том случае, если сородич был без метки. Таким образом, эффекта социального облегчения обнаружено не было: у серых ворон в нашем эксперименте наличие метки на сородиче не увеличивало время чистки зоны метки.

Аналогичным образом не было обнаружено влияния помеченного сородича на внимание к зоне нанесения метки у попугаев кеа (van Buuren et al., 2019). В этом эксперименте птицу с меткой помещали в одну клетку с сородичем (помеченным или непомеченным). На внимание к зоне нанесения метки у данной птицы не влияло наличие метки на сородиче.

Таким образом, предположение о возможном влиянии социального облегчения на внимание к зоне нанесения метки не подтверждается ни в нашем эксперименте, ни в литературных данных.

Влияние метки на время чистки зоны ее нанесения. На продолжительность чистки могла повлиять метка сама по себе в случае, если животное ее ощущает.

Ранее с этими же воронами проводили пилотный эксперимент, в котором признаков самоузнавания в зеркале у них обнаружено не было. У

трех ворон (Ворона 1, Ворона 2, Ворона 4) относительное время чистки зоны метки было достоверно выше в контроле (без зеркала), чем в тесте (с зеркалом), и это может свидетельствовать о том, что они ощущали бумажную метку, наклеенную на их оперение.

В данном эксперименте мы модифицировали процедуру мечения: метку из тонкой пленки наклеивали не на несколько перьев одновременно, а на нижнюю поверхность опахала отдельного пера на лбу птицы. Такой способ мечения должен был предотвратить склеивание нескольких перьев и снизить вероятность того, что птицы будут ощущать метку.

Чтобы выяснить, ощущали ли животные метку, в ряде экспериментов сравнивали поведение в случае, если метка была цветной (контрастной) и если она была «невидимой» (бесцветной; например, Plotnik et al., 2006; Prior et al., 2008, Kohda et al., 2019). В нашем эксперименте мы не использовали контроль с «невидимой» меткой, поскольку он окажется информативным только в том случае, если метка действительно невидима, а по нашему мнению, для птиц такой метки пока не предложено. В эксперименте с губанами (Kohda et al., 2019) контрастную и бесцветную метку изготавливали из коричневого или бесцветного полимера соответственно, таким образом, оба типа меток отличались только наличием или отсутствием пигмента. В нашем случае мы использовали метку из кусочка пленки каплевидной формы. По нашему мнению, нельзя утверждать, что аналогичный по форме кусочек черного цвета будет незаметен для птицы. Еще один способ выяснить, влияет ли метка сама по себе на поведение животного – сравнить время чистки в двух разных условиях: с меткой и без нее. Этот способ упоминается и в литературе (van Buuren et al., 2019). В нашем эксперименте мы сравнили относительное время чистки зоны метки у помеченной вороны (в контроле) и у этой же вороны, когда метки на ней не было.

Первое сравнение относительного времени чистки зоны метки – у вороны в контроле (с меткой) и на стадии ознакомления (без метки) – показало достоверные различия только у одной из четырех ворон (Ворона 3,

$p=0.0094$, χ^2). Второе сравнение – ворона в контроле (с меткой) и в роли «соседа» на стадии ознакомления (без метки) – показало, что две вороны, Ворона 1 и Ворона 3, достоверно дольше чистят зону нанесения метки в том случае, если метки на них нет. Третье сравнение – ворона в контроле (с меткой) и в роли «соседа» на стадии теста (без метки) – как и первое, показало достоверные различия в относительном времени чистки зоны метки у Вороны 3 ($p=0.0498$, χ^2). Кроме того, Ворона 1 дольше чистила зону метки в ее отсутствие ($p=0.0471$, χ^2). Четвертое сравнение – ворона в контроле в роли тестируемой (с меткой) и в роли «соседа» (без метки), в этом сравнении ни одна из птиц не чистила дольше зону нанесения метки, если метка была нанесена.

Таким образом, в нашем эксперименте три из четырех серых ворон (Ворона 1, Ворона 2, Ворона 4) не чистили зону нанесения метки (голову) дольше, если метка на нее была нанесена. Следовательно, метку они не ощущали. Еще одна ворона (Ворона 3), как показали два сравнения из четырех, все же могла, по-видимому, в некоторых сессиях ощущать нанесенную на нее метку. У этой птицы на протяжении всего эксперимента отмечалось наибольшее суммарное время чистки: например, на этапе тестирования время чистки у нее составило 380 с, тогда как у остальных ворон 93-266 с. Возможно, более активная чистка в некоторых случаях позволяла Вороне 3 обнаружить метку. Каждый из этапов эксперимента (ознакомление, тест и контроль) включал четыре сессии, и для каждой сессии на ворону заново наносили метку (или имитировали этот процесс). Поскольку результаты двух сравнений показателя чистки у Вороны 3 говорят о том, что в некоторых случаях процесс мечения был удачный, и метку она не ощущала, то мы полагаем, что вся совокупность полученных данных все же может говорить о самоузнавании у этой птицы.

Таким образом, три из четырех ворон оказались способны узнавать свое отражение в зеркале. В отличие от них, у Вороны 4 в тесте с меткой был получен отрицательный результат. Это говорит об индивидуальных

различиях, которые выявляются и у шимпанзе (Povinelli et al., 1993). Даже у человека способность к самоузнаванию в зеркале может появляться позднее (Mans et al., 1978) или нарушаться при различных патологиях (Biringer et al., 1992; Gallup et al., 2003). Следует отметить, что индивидуальные различия наблюдаются и в других сложных когнитивных тестах как у животных, так и у человека. Например, только один из трех шимпанзе справился с тестом на симметричность отношений (Tomonaga et al., 1991). В другом эксперименте с тестами на понимание свойств эквивалентных отношений справились трое из пяти испытуемых-людей (Tomanari et al., 2006). Индивидуальные различия наблюдались и при обучении серых ворон выбору по условному соответствию образцу, как показано в разделе 4.2 настоящей работы.

В литературе неоднократно высказывается предположение о том, что способность к самоузнаванию эволюционировала постепенно (Tomasello, Call, 1997; de Waal et al., 2005; 2019), и, возможно, имеет смысл говорить не о наличии, а о степени развития этой способности у животных с разным уровнем развития мозга (de Waal, 2019; McCallum, 2019). Так, способность использовать информацию, получаемую из отражения в зеркале, для поиска скрытого корма, обнаружена у поросят (Broom, 2009; Gieling et al., 2014) и собак (Howell et al., 2013; Fukuzawa, Hashi, 2017). Обезьяны, не относящиеся к человекообразным приматам, не справляются с классическим тестом с меткой (например, Roma et al., 2007; Anderson, Gallup, 2011), но способность понимать свойства отражающей поверхности может появиться у них после обучения (Chang et al., 2015; Chang et al., 2017). В нашем эксперименте у серых ворон был получен положительный результат в классическом тесте с меткой, после самостоятельного ознакомления с зеркалом. За исключением губанов-чистильщиков, результаты эксперимента с которыми оказались неожиданными, ранее такой результат был получен лишь у животных с высокоорганизованным мозгом. Среди млекопитающих это человекообразные обезьяны (например, de Veer, 2003; Gallup, 1970; Povinelli et al., 1993; Povinelli et al., 1997; Suddendorf, Butler, 2013), дельфины (Reiss,

Marino, 2001; Morrison, Reiss, 2018), слоны (Plotnik et al., 2006). Среди птиц с классическим тестом с меткой справились врановые (сороки, Prior et al., 2008, ореховки Кларка, Clary, Kelly, 2016; индийские домовые вороны Buniyaadi et al., 2019), но не попугаи (van Buuren et al., 2019) и не калифорнийские сойки (Clary et al., 2020). Отрицательный результат в тесте с меткой был получен и в другом эксперименте с сороками (Soler et al., 2020), а также с черными, серыми воронами и их гибридами (Vanhooland et al., 2019). Таким образом, данные о способности врановых птиц к самоузнаванию в зеркале оставались противоречивыми.

В нашем эксперименте серые вороны успешно решали классический тест с меткой после самостоятельного ознакомления с зеркалом. Таким образом, при специальной постановке эксперимента (после длительного ознакомления со свойствами отражающей поверхности и в условиях, облегчающих идентификацию своего отражения) представители врановых способны к самоузнаванию в зеркале, как и человекообразные приматы и некоторые другие животные с высокоорганизованным мозгом. Это служит аргументом в поддержку представлений о параллельной эволюции высших когнитивных способностей птиц и млекопитающих.

4.2. Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым

Динамика обучения серых ворон выбору по условному соответствию образцу. В первом эксперименте обучение ворон выбору по условному соответствию образцу при чередовании всех двенадцати стимулов, как и при чередовании четырех стимулов оказалось неэффективным: ни у одной из птиц не наблюдалось положительной динамики даже после полутора тысяч проб. Эти данные согласуются с полученными ранее (Smirnova et al., 2000): при обучении выбору по сходству с образцом с 12 вариантами стимулов для

выбора ни одна из четырех ворон за 5000 проб так и не достигла критерия обученности.

Ранее было показано (Смирнова и др., 2013), что серую ворону и венесуэльского амазона обучили той же задаче выбору по условному соответствию образцу при чередовании всех двенадцати стимулов за 336 и 712 проб соответственно. Но эти птицы имели предшествующий экспериментальный опыт выбора по сходству с образцом. Вороны без предварительного экспериментального опыта обучались другой задаче – выбору по сходству с образцом за сходное число проб (около двух тысяч; Смирнова и др., 1998).

В данном эксперименте положительная динамика стала заметной лишь при обучении птиц с одной парой стимулов для выбора (с кругами одинакового и разного размера). Скорость достижения критерия при этом оказалась примерно такой же, как при обучении ворон выбору по сходству с образцом (выбору черного стимула по черному образцу и белого стимула по белому образцу, Smirnova et al., 2000). Сходную скорость демонстрируют, например, павианы (Medam et al., 2016): при обучении выбору по условному соответствию образцу с прямым (А-В) и обратным (В-А) порядком стимулов (всего на этом этапе использовали две пары стимулов) животным потребовалось около 8000 проб. На следующих этапах количество проб, необходимое для достижения критерия обученности, снижается.

Схожая динамика обучения наблюдается во втором эксперименте: при обучении выбору по условному соответствию образцу с первыми двумя стимулами для выбора (кругами) две птицы не достигли критерия обученности за 6000 проб, еще двум птицам для этого потребовалось 6624 и 3168 проб. Затем число проб, необходимое для достижения критерия обученности с каждой из последующих пар стимулов (эллипсы, квадраты и т.д.) снижается.

Такая динамика обучения может свидетельствовать об одинаковом механизме решения этих внешне различных задач на начальном этапе

обучения — усвоении двух частных правил выбора «если ..., то...» (Sidman, Tailby, 1982). Столь длительное обучение выбору по образцу, по нашему мнению, связано со сложностью усвоения особой роли образца как знака, указывающего на подкрепляемый стимул для выбора. В этом случае, для успешного выбора по образцу с каждой новой парой стимулов им оставалось выучить два новых правила выбора типа «если..., то...» (Sidman, Tailby, 1982).

И на втором, и на третьем этапах эксперимента после достижения критерия обученности с первой парой стимулов для выбора при дальнейшем обучении требовалось значительно меньшее число проб. Такое быстрое обучение с новыми стимулами для выбора (эллипсами, прямоугольниками и др.) может свидетельствовать о том, что параллельно с обучением выбору по условному соответствию шел процесс обобщения признаков изображенных фигур. Это могло привести к изменению типа референта (обозначаемого): вместо конкретных стимулов для выбора им могли становиться понятия «сходство» и «различие».

Промежуточные тесты на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым (эксперимент 1). В первом эксперименте ни одна из двух ворон не справилась с первым тестом на понимание симметричности отношений. Таким образом, спонтанного понимания симметричности отношений между знаком и обозначаемым после обучения с одной парой стимулов у этих птиц, как и ожидалось, обнаружено не было. Сходный отрицательный результат — отсутствие спонтанного понимания отношений симметричности — был получен и в экспериментах с другими животными (Sidman et al., 1982; Kojima, 1984; Biro, Matsuzawa, 2001; Prichard et al., 2015), в отличие от экспериментов с людьми (Sidman et al., 1982; Quezada Velázquez, 2018).

Со вторым тестом на понимание симметричности отношений (B–A), который провели в первом эксперименте после завершения обучения со всеми двенадцатью стимулами, одна из двух ворон справилась, хотя намного

хуже, чем со знакомой задачей (А-В) в фоновых пробах. В этом тесте в качестве образцов использовали все 12 изображений. Лишь два из них (круги одинакового и разного размера) вороны видели в роли образца ранее – в первом тесте на симметричность. Во всех тестах подкрепление было недифференцированным (его помещали в обе кормушки), что исключало возможность направленного обучения в ходе тестирования. Так, в первом тесте на понимание симметричности ворона получила подкрепление за выбор «правильного» стимула для выбора в 21 пробе и в 27 пробах – за выбор «неправильного». Вероятность того, что такой опыт мог повлиять на результат второго теста, по нашему мнению, мала. Например, известно, что для того, чтобы обучить шимпанзе выбору по условному соответствию образцу с обратным порядком стимулов (В-А) после обучения выбору с прямым порядком стимулов (А-В), потребовалось более 2000 проб (Vigo, Matsuzawa, 2011). Более вероятной причиной положительного результата этого теста на симметричность у одной из ворон, по нашему мнению, является изменение типа обозначаемого: к моменту проведения второго теста птица могла связать изображение букв «S» и «V» не с использованными при обучении конкретными стимулами, а с понятиями «сходство» и «различие».

Тесты на перенос правила выбора на новые стимулы. Для того, чтобы выяснить, с чем именно вороны связали буквы «S» и «V», и в первом, и во втором эксперименте после обучения выбору по условному соответствию образцу с двенадцатью стимулами для выбора провели тесты на перенос правила выбора на новые стимулы. В первом тесте в тестовых пробах использовали новые стимулы, различающиеся по знакомому признаку – размеру фигур.

Во втором тесте новые стимулы различались по новому признаку – форме фигур. Он был принципиально сложнее еще и тем, что в тестовых пробах ранее подкрепляемые стимулы стали неподкрепляемыми, или наоборот. Например, если образец – «S», то неподкрепляемым стимулом было новое изображение фигур разного размера и разной формы, а

подкрепляемым – знакомое изображение фигур разного размера и одинаковой формы (в ходе обучения такой стимул был неподкрепляемым при образце «S»). Если образец – «V», то неподкрепляемым стимулом было знакомое изображение фигур разного размера и одинаковой формы (в ходе обучения такой стимул был подкрепляемым при образце «V»), а подкрепляемым стимулом – новое изображение фигур разного размера и разной формы. Тот факт, что результаты обоих тестов оказались положительными, свидетельствует о том, что обе вороны действительно связали буквы «S» и «V» не только с конкретными знакомыми стимулами, но и с понятиями «сходство» и «различие», применимыми не только к признаку размера, но и к форме фигур. Эти результаты подтверждают ранее полученные нами данные о способности ворон оперировать этими понятиями (Smirnova et al., 2000; Smirnova et al., 2015).

Проведенное после тестов на перенос правила выбора доучивание с новыми стимулами, различающимися по знакомому (размеру фигур) и новому (форме фигур) признакам, могло способствовать закреплению ранее сформированного обобщенного правила выбора по признакам сходства и отличия. Тот факт, что обе вороны в первом эксперименте и ворона во втором эксперименте справились с этой задачей за минимальное (96) число проб и одинаково успешно решали задачу как в первых, так и в последних 48 пробах, еще раз подтверждает, что у птиц было сформировано именно обобщенное правило выбора: они не выучивали очередные правила «если,...то», а по образцу «S» выбирали изображения одинаковых (а по образцу «V» – разных) фигур.

Третий тест на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым (эксперимент 1). С этим тестом справились обе вороны. Его особенностью было то, что в тестовых пробах в качестве образца были применены новые стимулы – изображения фигур, одинаковых по размеру и одинаковых (например, два креста) или разных (например, круг и крест) по форме. Основной причиной отрицательного результата теста на

симметричность у животных считают изменение места предъявления образца и стимула для выбора, поскольку место предъявления является важной характеристикой стимула (Frank, Wasserman, 2005; Garcia, Benjumea, 2006; Vasconcelos, Urcuioli, 2011; Swisher, Urcuioli, 2015; Urcuioli, Swisher, 2015). Применение новых изображений могло способствовать положительному результату, поскольку они были меньше привязаны к конкретной роли (стимулов для выбора) и к месту предъявления, чем те, что были использованы в ходе обучения, а, следовательно, десятки и сотни раз появлялись на месте и в роли стимулов для выбора. Кроме того, положительный результат третьего теста на симметричность отношений мог быть обусловлен типом обозначаемого, которым, как показали тесты на перенос правила выбора, к этому моменту стали понятия «сходство» и «различие». Этот тип обозначаемого, вероятно, не столь привязан к месту предъявления, как конкретные изображения. Как было указано выше, один из немногочисленных примеров положительного результата в тесте на симметричность отношений ранее продемонстрировал серый попугай Алекс, у которого обозначаемым знаков также были понятия (Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, 2018).

Еще одной возможной, хотя и маловероятной, причиной положительного результата последнего теста на симметричность отношений у обеих ворон могло быть то, что он был для них уже третьим: несмотря на то, что во всех тестовых пробах подкрепляли любой выбор, им, тем не менее, демонстрировали, что образец и стимулы для выбора могут меняться местами.

Тест на понимание симметричности отношений между знаком и обозначаемым (эксперимент 2). Во втором эксперименте 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 такому тесту 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 обозначаемого, 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). Обозначаемыми 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 обозначаемого свидетельствуют и данные, полученные на сером жако Алексе (Pepperberg, 1987, 1994; Pepperberg, Gordon, 2005; Пепперберг, 2018), у которого обозначаемым также были понятия. Мнение о том, что формированию эквивалентных отношений, вероятно, способствует обучение соответствию между знаком и целым классом обозначаемых 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 обозначаемыми 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.

Тесты на понимание рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым (эксперименты 1 и 2). Во втором эксперименте ворона, связавшая знаки «S» и «V» с понятиями сходство и различие и справившаяся с тестом на понимание симметричности отношений, продемонстрировала положительный результат в тесте на рефлексивность (А-А, В-В). 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 эксперименте 1: 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 (А-В, В-А), т.е. демонстрации симметричности отношений. Мысль о том, что именно свойство симметричности является ключевым фактором для формирования отношений эквивалентности, высказывалась в литературе и ранее (Yamamoto, Asano, 1995).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование способностей серых ворон к самоузнаванию в зеркале и к формированию отношений симметричности и рефлексивности между знаком и обозначаемым, проведенное в настоящей работе, позволяет получить недостающие характеристики в комплексном спектре когнитивных способностей серых ворон. В тесте с меткой используемый нами способ мечения (наклеивание метки на поверхность отдельного пера на лбу птицы) оказался более корректным, по сравнению с наклеиванием метки на поверхность оперения. О том, что птицы такую метку эксперименте не ощущали, свидетельствуют как результаты сопоставления поведения помеченных и непомеченных ворон, так и результаты сопоставления поведения помеченных ворон в тесте (с зеркалом) и в контроле (без зеркала). Тот факт, что наличие помеченного сородича не влияет на степень внимания к зоне нанесения метки, свидетельствует о том, что увеличение внимания к зоне нанесения метки в тесте с зеркалом по сравнению с контролем без зеркала не обусловлено тем, что ворона воспринимает свое отражение как другую помеченную ворону. Наконец, три птицы из четырех проявляли больше внимания к зоне нанесения метки в тесте (с зеркалом), чем в контроле (без зеркала). Взятые в совокупности эти данные свидетельствуют о том, что после длительного ознакомления со свойствами отражающей поверхности, и в условиях, облегчающих идентификацию отражения (в присутствии сородича), некоторые серые вороны способны узнавать себя в своем отражении в зеркале. Таким образом, нами получено подтверждение тому, что серые вороны, наряду с человекообразными приматами, слонами и дельфинами, способны к самоузнаванию.

Полученные результаты исследования способности серых ворон к символизации показали, что птицы без предшествующего экспериментального опыта принципиально дольше обучаются выбору по

условному соответствию образцу, чем птицы, ранее усвоившие обобщенное правило выбора по сходству с образцом. Вероятно, это связано с тем, что животные долго усваивают особую роль образца как знака, указывающего на «правильный» (подкрепляемый) стимул для выбора. Этот вывод подтверждает тот факт, что после обучения с одной парой стимулов (кругами), с новыми пятью парами стимулов вороны достигали критерия обученности за минимальное число проб. Этот же факт может свидетельствовать о том, что вороны связали буквы «S» и «V» не только с изображениями кругов одинакового и разного размера, но и с понятиями «сходство» и «различие». Такое предположение подтверждают результаты тестов на перенос правила выбора на новые стимулы.

Проведенные нами тесты на понимание симметричности отношений подтвердили мнение о том (Dugdale, Lowe, 2000), что симметричные отношения между стимулами появляются не спонтанно. Нами впервые получены данные, свидетельствующие о том, что серая ворона, которой никак не демонстрировали возможность симметричных отношений, продемонстрировало спонтанное понимание симметричности отношений между знаками и их обозначаемыми. На этот результат мог оказать влияние как тип обозначаемого (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).

И формирование эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым, и понимание свойств отражающей поверхности требуют оценки сходства и различия и выполнения операций обобщения, абстрагирования, анализа и синтеза. Полученные нами данные о способности серых ворон к самоузнаванию и к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым дают

дополнительное подтверждение представлениям о сходстве спектров когнитивных способностей этого вида (и семейства в целом) и человекообразных обезьян.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная нами модификация методики классического теста с меткой позволила проанализировать и сравнить поведение ворон в разных экспериментальных условиях, и получить данные о том, что на уровень внимания к зоне метки влияет именно наличие зеркала, а не возможное тактильное восприятие метки или наличие помеченного сородича.
2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что способность к самоузнаванию в зеркале присуща птицам семейства врановых, но для ее проявления необходимо длительное ознакомление со свойствами отражающей поверхности и создание условий, облегчающих идентификацию своего отражения.
3. Серые вороны оказались способны связать знаки «S» и «V» с изображениями пар фигур одинакового или разного размера, соответственно.
4. Обучение выбору по условному соответствию образцу на начальном этапе эксперимента (при использовании двух стимулов для выбора) потребовало не менее 3000 предъявлений и было результативным лишь у двух из четырех птиц в 1-м эксперименте и у двух из четырех птиц - во 2-м. На последующих этапах критерий обученности достигался быстрее (в основном до 150 предъявлений).
5. После завершения обучения с 12 стимулами для выбора серые вороны успешно переносили правило выбора на новые стимулы знакомой категории (состоящие из элементов одинакового или разного размера) и на новые стимулы новой категории (состоящие из элементов одинаковой или разной формы), что свидетельствует о том, что птицы связали знаки «S» и «V» не только с конкретными стимулами, но и с обобщенными представлениями о «сходстве» и «различии».

6. Серые вороны, усвоившие соответствие знаков обобщенным представлениям о сходстве и различии, продемонстрировали положительный результат в тестах на симметричность и на рефлексивность отношений между знаком и обозначаемым, что позволяет говорить о возможности формирования у этого вида птиц эквивалентных отношений между знаком и обозначаемым.
7. Формирование эквивалентных отношений у ворон оказалось возможным без предварительной демонстрации птицам симметричности между знаком и обозначаемым - если знак обозначает не отдельный стимул, а обобщенное представление о «сходстве» или «различии» элементов, которые его составляют. Это может свидетельствовать о высоком уровне развития их когнитивных способностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асратян Э. А. Функциональная архитектура инструментальных условных рефлексов // Биологический журнал Армении. – 1967. – Т. 20. – №. 11. – С. 3-18.
2. Багоцкая М.С., Смирнова А.А., Зорина З.А. Врановые способны понимать логическую структуру задач на подтягивание закрепленной на нити приманки // Журнал Высшей нервной деятельности. – 2010. – Т. 60. – № 5. – С. 543-551.
3. Багоцкая М.С., Смирнова А.А., Зорина З. А. Изучение способности серых ворон (*Corvus cornix* L.) решать задачи на добывание приманки из трубки с ловушками // Журнал общей биологии. – 2013. – Т. 74. – № 1. – С. 23-33.
4. Бурлак С. А. Происхождение языка: Факты, исследования гипотезы. М.: Альпина нон-фикшн. – 2018. 464 с.
5. Зорина З. А., Обозова Т. А. Новое о мозге и когнитивных способностях птиц // Зоологический журнал. – 2011. – Т. 90. – №. 7. – С. 21-36.
6. Зорина З. А., Смирнова А. А. История и методы экспериментального изучения мышления животных // Современная экспериментальная психология. – 2011. – С. 61-87.
7. Зорина З. А., Смирнова А. А. История экспериментального изучения мышления животных и роль идей Л. В. Крушинского в формировании современных представлений об элементарном мышлении // В кн.: Формирование поведения животных в норме и патологии: к 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911-1984) / Сост. И.И.Полетаева, З.А. Зорина. – М.: Языки славянских культур, 2013. – С. 38 – 71.
8. Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали «говорящие» обезьяны. М.: Языки славянских культур. – 2006. 424 с.
9. 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.
10. Крушинский Л.В. 1977 / 2018. Биологические основы рассудочной деятельности: эволюционный и физиолого-генетический аспекты поведения. М.: URSS: ЛЕНАНД. 270 с.
 11. Обозова Т.А., М. С. Багоцкая, А. А. Смирнова, З. А. Зорина.
Сравнительная оценка способности разных видов птиц к решению протоорудийных задач // Зоологический журнал. – 2013. – Т. 92. – № 6. – С. 1–11.
 12. Орбели Л.А. Вопросы высшей нервной деятельности. М.– Л.: АН СССР, 1949. 525 с.
 13. Пепперберг А. Алекс и я. М.: Языки славянских культур, 2017. 336 с.
 14. Рамбо Д. М., Биран М. Д. Интеллект и языковые способности приматов // Иностранная психология. – 2000. – №. 13. – С. 29-40.
 15. Смирнова А.А. О способности птиц к символизации. Зоологический журнал. – 2011. – Т. 90. – № 7. – С. 803–810.
 16. Смирнова А. А., Зорина З. А. Когнитивные способности птиц: обобщение, использование понятий, символизация, умозаключения // Формирование поведения животных в норме и патологии: к 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911-1984). Сборник статей. М.: ЯСК. 2013. С. 148 – 168.
 17. Смирнова А.А., Зорина З.А., Лазарева О.Ф. Обучение серых ворон (*Corvus cornix* L.) отвлеченному правилу выбора по соответствию/несоответствию с образцом // Журнал высшей нервной деятельности. – 1998. – Т. 48. – № 5. – С. 855–867.
 18. Смирнова А.А., Лазарева О.Ф., Зорина З.А. Исследование способности серых ворон к элементам символизации // Журнал высшей нервной деятельности. – 2002. – Т. 52. – № 2. – С. 241-254.

19. 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. Тезисы конференции (19 июня 2013 г.). М.: БукиВеди. – 2013. – С. 1-5.
20. 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.
21. Фирсов Л. А. По следам Маугли // Язык в океане языков. Новосибирск: Сибирский хронограф. – 1993. – С. 44-59.
22. Хватов И. А. Эмпирическое исследование проблемы филогенетических предпосылок становления самосознания // Знание. Понимание. Умение. – 2010. – № 2.
23. Allen M., Schwartz B. L. Mirror Self-Recognition in a Gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) // *Electronic Journal of Integrative Biosciences*. – 2008. – V. 5. – № 1. – P. 19–24.
24. Anderson J. R. The monkey in the mirror: a strange conspecific // *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives* / Eds. Parker S. T., Mitchell R. W., Boccia M. L. NY, US: Cambridge University Press, 1994. – P. 315-329.
25. Anderson J. R., Gallup Jr G. G. Do rhesus monkeys recognize themselves in mirrors? // *American journal of primatology*. – 2011. – V. 73. – № 7. – P. 603-606.
26. Anderson J. R., Gallup G. G. Mirror self-recognition: a review and critique of attempts to promote and engineer self-recognition in primates // *Primates*. – 2015. – V. 56. – № 4. – P. 317-326.

27. Ari C. Encephalization and brain organization of mobulid rays (Myliobatiformes, Elasmobranchii) with ecological perspectives // *The Open Anatomy Journal*. – 2011. – V. 3. – № 1.
28. Ari C., D'Agostino D. P. Contingency checking and self-directed behaviors in giant manta rays: Do elasmobranchs have self-awareness? // *Journal of Ethology*. – 2016. – V. 34. – № 2. – P. 167-174.
29. Bahnick L., Moss L., Fadil C. Development of visual self-recognition in infancy // *Ecological Psychology*. – 1996. – V. 8. – P. 189–208.
30. Balakhonov D., Rose J. Crows rival monkeys in cognitive capacity // *Scientific reports*. – 2017. – V. 7. – №1. – P. 1-8.
31. Baragli P., Demuru E., Scopa C., Palagi E. Are horses capable of mirror self-recognition? A pilot study // *PLoS ONE*. – 2017. – V. 12. – № 5. – P. e0176717.
32. Baragli P., Scopa C., Maglieri V., Palagi E. If horses had toes: demonstrating mirror self recognition at group level in *Equus caballus* // *Animal Cognition*. – 2021. – P. 1-10.
33. Barnes-Holmes D., Finn M., McEnteggart C., Barnes-Holmes Y. Derived stimulus relations and their role in a behavior-analytic account of human language and cognition // *Perspectives on Behavior Science*. – 2017. – V 41. – № 1. – P. 155–173.
34. Belletier C., Normand A., Huguet P. Social-facilitation-and-impairment effects: From motivation to cognition and the social brain // *Current Directions in Psychological Science*. – 2019. – V. 28. – № 3. – P. 260-265.
35. Bertenthal B., Fisher K. Development of self-recognition in the infant // *Developmental Psychology*. – 1987. – № 14. – P. 44-50.
36. Biro D., Matsuzawa T. Use of numerical symbols by the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Cardinals, ordinals, and the introduction of zero // *Animal Cognition*. – 2001. – № 4. – P. 193–199.

37. Biringer F., Anderson J. R. Self-recognition in Alzheimer's disease: A mirror and video study // *Journal of Gerontology*. – 1992. – V. 47. № 6. – P. 385-388.
38. Bischof-Köhler D. Empathy and self-recognition in phylogenetic and ontogenetic perspective // *Emotion Review*. – 2012. – V. 4. – №. 1. – P. 40-48.
39. Bischof-Köhler D., Bischof N. Self-Recognition, Empathy, and Concern for Others in Toddlers // *Forms of Fellow Feeling: Empathy, Sympathy, Concern and Moral Agency*. – 2018. – P. 78.
40. Boccia M. L. Mirror behaviour in macaques // *Self-awareness in animals and humans. Developmental perspectives* / Eds Parker S., Mitchell R. W., Boccia M. L. Cambridge. 1994. P. 350-360.
41. Boysen S. T., Hallberg K. I. Primate numerical competence: Contributions toward understanding nonhuman cognition // *Cognitive Science*. – 2000. – V. 24. – P. 423–443.
42. Braun A., Bugnyar T. Social bonds and rank acquisition in raven nonbreeder aggregations // *Animal behaviour*. – 2012. – T. 84. – №. 6. – C. 1507-1515.
43. Brecht K. F. A multi-facetted approach to investigating theory of mind in corvids (Doctoral thesis). – University of Cambridge. 2017.
44. Brecht K. F., Müller J., Nieder A. Carrion crows (*Corvus corone corone*) fail the mirror mark test yet again // *Journal of Comparative Psychology*. – 2020. – V. 134. – № 4. – P. 372–378.
45. Briscoe S. D., Albertin C. B., Rowell J. J., Ragsdale C. W. Neocortical association cell types in the forebrain of birds and alligators // *Current Biology*. – 2018. – V. 28. – № 5. – P. 686-696.
46. Broom D. M., Sena H., Moynihan K. L. Pigs learn what a mirror image represents and use it to obtain information // *Animal Behaviour*. – 2009. – V. 78. – №. 5. – P. 1037-1041.

47. Brown A. K., Brown J. L., Poulson C. L. Generalization of children's identity matching-to-sample performances to novel stimuli // *The Psychological Record*. – 1995. – V.45. – P. 29–43.
48. Bugnyar T., Schwab C., Schloegl C., Kotrschal K., Heinrich B. Ravens judge competitors through experience with play caching // *Current biology*. – 2007. – V. 17. – № 20. – P. 1804-1808.
49. Buniyaadi A., Taufique S. K. T., Kumar V. Self-recognition in corvids: evidence from the mirror-mark test in Indian house crows (*Corvus splendens*) // *Journal of Ornithology*. – 2019. – P. 1-10.
50. Canovas D. S., Debert P., Miguel C. F. Simple discrimination training with differential responses to establish functional and equivalence classes with preschool children // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2019. – V. 111. – №. 1. – P. 59-74.
51. Campos H. C., Urcuioli P. J., Swisher M. Concurrent identity training is not necessary for associative symmetry in successive matching // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2014. – V 101. – № 1. – P. 10-25.
52. Cardinal C. D., Allan R. W., DeLabar J. S. Selfrecognition in the pigeon: A replication and controls // *Annual Meeting of the Association for Behavior Analysis*, Chicago, IL. 1999.
53. Carp C. L., Petursdottir A. I. Intraverbal naming and equivalence class formation in children // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2015. – V. 104. – №. 3. – P. 223-240.
54. Carr D., Felce D. Application of stimulus equivalence to language intervention for individuals with severe linguistic disabilities // *Journal of Intellectual and Developmental Disability*. – 2000. – V. 25. – № 3. – P. 181-205.
55. Carr D., Wilkinson K. M., Blackman D., McIlvane W. J. Equivalence classes in individuals with minimal verbal repertoires // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2000. – V. 74. – № 1. – P. 101-114.

56. Cazzolla Gatti R. Self-consciousness: beyond the looking-glass and what dogs found there // *Ethology Ecology & Evolution*. – 2016. – V. 28. – №. 2. – P. 232-240.
57. Chang L., Fang Q., Zhang S., Poo M. M., Gong N. Mirror-induced self-directed behaviors in rhesus monkeys after visual-somatosensory training. // *Current Biology*. – 2015. – V. 25. – №2. – P. 212-217.
58. Chang L., Zhang S., Poo M. M., Gong N. Spontaneous expression of mirror self-recognition in monkeys after learning precise visual-proprioceptive association for mirror images // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2017. – V. 114. – № 12. – P. 3258-3263.
59. Christensen C. J., Sanders R. B., Cheney C. D. Self-recognition in the pigeon: An objective model for learning through experience // *Annual Meeting of the California Association for Behavior Analysis*, San Francisco, CA. 2004.
60. Clary D., Kelly D. M. Graded mirror self-recognition by Clark's nutcrackers // *Scientific reports*. – 2016. – V. 6. – P. 36459.
61. Clary D., Stow M. K., Vernouillet A., Kelly D. M. Mirror-mediated responses of California scrub jays (*Aphelocoma californica*) during a caching task and the mark test // *Ethology*. – 2020. – V. 126. – №. 2. – P. 140-152.
62. Clayton N. S., Dally J. M., Emery N. J. Social cognition by food-caching corvids. The western scrub-jay as a natural psychologist // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2007. – V. 362. – №. 1480. – P. 507-522.
63. Clayton N. S., Emery N. J. Avian models for human cognitive neuroscience: a proposal // *Neuron*. – 2015. – V. 86. – №. 6. – P. 1330-1342.
64. Cohen P. S., Looney T. A. Schedule-induced mirror responding in the pigeon // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 1973. – V. 19. – № 3. – P. 395-408.

- 65.Colombo M., Scarf D. Are there differences in “intelligence” between nonhuman species? the role of contextual variables //Frontiers in Psychology. – 2020. – V. 11. – P. 2072.
- 66.D'Amato M.R., Salmon D.P., Loukas E., Tomie A. Symmetry and transitivity of conditional relations in monkeys (cebus apella) and pigeons (columba livia) // Journal of the Experimental Analysis of Behavior. – 1985. – V. 44. – P. 35–47.
- 67.de Alcantara Gil M. S. C., de Oliveira T. P., McIlvane W. J. Conditional discriminations by preverbal children in an identity matching-to-sample task // The Psychological Record. – 2011. – V. 61. – P. 327–340.
- 68.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. – V. 46. – № 3. – P. 243-257.
- 69.de Veer M. W., Gallup G. G., Jr., Theall L. A., van den Bos R., Povinelli D. J. An 8-year longitudinal study of mirror self-recognition in chimpanzees (Pan troglodytes) // Neuropsychologia. – 2003. – V. 41. – №. 2. – P. 229–234.
- 70.de Waal F. B. M. Fish, mirrors, and a gradualist perspective on self-awareness //PLoS biology. – 2019. – V. 17. – №. 2. – P. e3000112.
- 71.de Waal F.B.M., Dindo M, Freeman C.A., Hall M. The monkey in the mirror: hardly stranger // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2005. – V. 102. – P. 11140–11147.
- 72.Dugdale N., Lowe C.F. Testing for symmetry in the conditional discriminations of language-trained chimpanzees // Journal of the experimental analysis of behavior. – 2000. – V.73. – №1. – P. 5-22.
- 73.Eglash A. R., Snowdon C. T. Mirror-image responses in pygmy marmosets (Cebuella pygmaea) //American Journal of Primatology. – 1983. – V. 5. – №. 3. – P. 211-219.

74. Eikeseth S., Smith T. The development of functional and equivalence classes in high-functioning autistic children: The role of naming // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 1992. – V. 58. – №. 1. – P. 123-133.
75. Emery N.J. Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Science*. – 2006. – V. 361. – № 1465. – P. 23-43.
76. Emery N.J., Clayton N.S. Evolution of the avian brain and intelligence // *Current Biology*. – 2005. – V. 15. – № 23. – P. 946-950.
77. Emery N., Dally J., Clayton N. Social influences on foraging by rooks (*Corvus frugilegus*) // *Behaviour*. – 2008. – T. 145. – №. 8. – C. 1101-1124.
78. Emery N. J., Dally J. M., Clayton N. S. (2004). Western scrub-jays (*Apelocoma californica*) use cognitive strategies to protect their caches from thieving conspecifics // *Animal Cognition*. – V. 7. – P. 37–43.
79. Epstein R., Lanza R.P., Skinner B.F. “Self-awareness” in the pigeon // *Science*. – 1981. – V. 212. – P. 695–696.
80. Fagot J., Tomonaga M. Global and local processing in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*): Use of a visual search task with compound stimuli // *Journal of Comparative Psychology*. – 1999. – V. 113. – № 1. – P. 3.
81. Fields W. M., Segerdahl P., Savage-Rumbaugh S. The material Practices of ape language research // *The Cambridge handbook of sociocultural psychology*. Cambridge University Press. NY. – 2007. – P. 164-202.
82. Flemming T. M., Thompson R. K., Beran M. J., Washburn D. A. Analogical reasoning and the differential outcome effect: Transitory bridging of the conceptual gap for rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) // *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. – 2011. – V. 37. – № 3. – P. 353.
83. Fouts R. S., Waters G. S. Chimpanzee sign language and Darwinian continuity: evidence for a neurological continuity for language // *Neurological Research*. – 2001. – V. 23. – №. 8. – P. 787-794.

84. 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. – V. 84. – № 2. – P. 147–165.
85. Fukuzawa M., Hashi A. Can we estimate dogs' recognition of objects in mirrors from their behavior and response time? // *Journal of Veterinary Behavior*. – 2017. – V. 17. – P. 1-5.
86. Fukuzawa M., Igarashi S. Mirror reflection or real image: Does past mirror experience influence a dog's use of a mirror? // *Journal of veterinary behavior*. – 2017. – V. 22. – P. 7-12.
87. Galizio M., Mathews M., Prichard A., Bruce K. E. Generalized identity in a successive matching-to-sample procedure in rats: Effects of number of exemplars and a masking stimulus // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2018. – V. 110. – № 3. – P. 366–379.
88. Gallup G.G., Jr. Absence of self-recognition in a monkey (*Macaca fascicularis*) following prolonged exposure to a mirror // *Dev. Psychobiol.* – 1977. – V. 10. – P. 281–284.
89. Gallup G. G. Chimpanzees: Self-recognition // *Science*. – 1970. – V. 167. – P. 86–87.
90. Gallup G. G., Jr. Mirror-image stimulation // *Psychological Bulletin*. – 1968. – V. 70 (6, Pt.1). – P. 782-793.
91. Gallup G. G. Self-awareness and the emergence of mind in primates // *American Journal of Primatology*. – 1982. – V. 2. – № 3. – P.237-248.
92. Gallup G. G., Anderson J. R., Platek S. M. Self-awareness, social intelligence and schizophrenia // *The self in neuroscience and psychiatry*. – 2003. – P. 147-165.
93. Gallup G. G., Jr., Anderson J. R. Self-recognition in animals: Where do we stand 50 years later? Lessons from cleaner wrasse and other species // *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*. – 2020. – V. 7. – № 1. – P. 46–58.

94. Gallup G. G., McClure M. K., Hill S. D., Bundy R. A. Capacity for self recognition in differentially reared chimpanzees // *Psychological Record*. – 1971. – V. 21. – P. 69–74.
95. Gallup G. G., Suarez S. D. Social responding to mirrors in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*): effects of temporary mirror removal // *Journal of Comparative Psychology*. – 1991. – V 105(4). – P. 376.
96. Gallup G.G. Jr., Wallnau L.B., Suarez S.D. Failure to find self-recognition in mother-infant and infant-infant rhesus monkey pairs. // *Folia Primatol.* (Basel). – 1980. – V. 33. – P. 210–219.
97. Gardner B. T., Gardner R. A. Development of phrases in the early utterances of children and cross-fostered chimpanzees // *Human Evolution*. – 1998. – V. 13. – №. 3-4. – P. 161-188.
98. Garcia A., Benjumea S. The Emergence of Symmetry in a Conditional Discrimination Task Using Different Responses as Proprioceptive Samples in Pigeons // *Journal of the Experimental Analysis of Behaviour*. – 2006. – V. 86. – № 1. – P.65–80.
99. Gieling E. T., Mijdam E., van der Staay F. J., Nordquist R. E. Lack of mirror use by pigs to locate food // *Applied Animal Behaviour Science*. – 2014. – V.154. – P. 22-29.
100. Gill T. V., Rumbaugh D. M. Mastery of naming skills by a chimpanzee // *Journal of Human Evolution*. – 1974. – V. 3. – №. 6. – P. 483-492.
101. Gollin E. S., Shirk E. J. A developmental study of oddity-problem learning in young children // *Child Development*. – 1966. – V. 37. – P. 213–217.
102. Go´mez Bujedo J., Garcı´a Garcı´a A., Pe´rez Ferna´ndez V. Failure to find symmetry in pigeons after multiple exemplar training // *Psicothema*. – 2014. – V. 26. – P.435–441.
103. Güntürkün O., Bugnyar T. Cognition without cortex. // *Trends in cognitive sciences*. – 2016. – V. 20. – № 4. – P. 291-303.

104. Güntürkün O., Ströckens F., Scarf D., Colombo M. Apes, feathered apes, and pigeons: differences and similarities. // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. – 2017. – V. 16. – P. 35-40.
105. Gutiérrez-Ibáñez C., Iwaniuk A. N., Wylie D. R. Parrots have evolved a primate-like telencephalic-midbrain-cerebellar circuit // *Scientific reports*. – 2018. – V. 8. – № 1. – P. 1-11.
106. Hauser M. D., Kralik J., Botto-Mahan C., Garrett M., Oser J. Self-recognition in primates: phylogeny and the salience of species-typical features // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 1995. – V. 92. – № 23. – P. 10811–10814.
107. Hauser M. D., Miller C. T., Liu K., Gupta R. Cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) fail to show mirror-guided self-exploration // *American Journal of Primatology*. – 2001. – V. 53. – № 3. – P. 131–137.
108. Hecht E. E., Mahovetz L. M., Preuss T. M., Hopkins W. D. A neuroanatomical predictor of mirror self-recognition in chimpanzees // *Social cognitive and affective neuroscience*. – 2017. – V. 12. – № 1. – P. 37-48.
109. Heschl A., Burkart J. A new mark test for mirror self-recognition in non-human primates // *Primates* – 2006. – V. 47. – № 3. – P. 187–198.
110. Hogan D. E., Zentall T. R. Backward associations in the pigeon // *American Journal of Psychology*. – 1977. – V. 90. – P. 3–15.
111. Hopkins W. D., Washburn D. A. Matching visual stimuli on the basis of global and local features by chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) // *Animal Cognition*. – 2002. – V. 5. – № 1. – P. 27-31.
112. 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. – V. 85. – № 2. – P. 247-273.

113. 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. – V. 81. – №. 3. – P. 267-288.
114. Hotta T., Komiyama S., Kohda M. A social cichlid fish failed to pass the mark test // *Animal cognition*. – 2018. – V. 21. – №. 1. – P. 127-136.
115. Howell T. J., Bennett P. C. Can dogs (*Canis familiaris*) use a mirror to solve a problem? // *Journal of veterinary behavior*. – 2011. – V. 6. – №. 6. – P. 306-312.
116. Howell T. J., Toukhsati S., Conduit R., Bennett P. Do dogs use a mirror to find hidden food? // *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. – 2013. – V.8. – №6. – P. 425-430.
117. Inoue-Nakamura N. Mirror Self-recognition in Nonhuman Primates: A Phylogenetic Approach // *Japanese Psychological Research*. – 1997. – V. 39. – № 3. – P. 266–275.
118. Itakura S. Use of a mirror to direct their responses in Japanese monkeys (*Macaca fuscata fuscata*) // *Primates*. – 1987. – V. 28. – №3. – P. 343–352.
119. Itakura S., Imamizu H. An explanatory study of mirror-image shapediscrimination in young children: vision and touch // *Perceptual and Motor Skills*. – 1994. – V. 78. – P. 83–88.
120. Iversen I. H. Matching-to-sample performance in rats: A case of mistaken identity? // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1997. – V. 68. – №. 1. – P. 27-45.
121. Jahnke H.J. Binocular visual field differences among various breeds of pigeons // *Bird Behaviour*. – 1984. – V. 5. – P. 96–102.
122. Jarvis E. D. et al. Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2005. – V. 6. – №. 2. – P. 151.
123. Jones T. B., Kamil A. C. Tool-making and tool-using in the northern blue jay // *Science*. – 1973. – V. 180 (4090). – P. 1076-1078.

124. Kabadayi C., Osvath M. / Ravens parallel great apes in flexible planning for tool-use and bartering // *Science*. – 2017. – V. 357 (6347). – P. 202-204.
125. Kabadayi C., Taylor L. A., von Bayern A. M., Osvath M. Ravens, New Caledonian crows and jackdaws parallel great apes in motor self-regulation despite smaller brains // *Royal Society Open Science*. – 2016. – V. 3. – № 4. – P. 160104.
126. Kahana M.J. Associative symmetry and memory theory // *Memory and Cognition*. – 2002. – V. 30. – P. 823–840.
127. Kaminski J., Tempelmann S., Call J., Tomasello M. Domestic dogs comprehend human communication with iconic signs // *Developmental Science*. – 2009. – V.12. – № 6. – P. 831-837.
128. 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. – V. 76. – № 2. – P. 131-158.
129. Kohda M., Hotta T., Takeyama T., Awata S., Tanaka H., Asai J. Y., Jordan A. L. If a fish can pass the mark test, what are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals? // *PLoS biology*. – 2019. – V. 17. – № 2. – e3000021.
130. Kojima T. Generalization Between Productive Use and Receptive Discrimination of Names in an Artificial Visual Language by a Chimpanzee. // *International Journal of Primatology*. – 1984. – V. 5. – № 2. – P. 161-182.
131. Kraft F. L., Forštová T., Urhan A. U., Exnerová A., Brodin A. No evidence for self-recognition in a small passerine, the great tit (*Parus major*) judged from the mark/mirror test // *Animal cognition*. – 2017. – V. 20. – №6. – P. 1049-1057.
132. Krasheninnikova A., Berardi R., Lind M. A., O'Neill L., von Bayern A. M. Primate cognition test battery in parrots // *Behaviour*. – 2019. – V.156. – №5-8. – P. 721-761.

133. Krupenye C., Call J. Theory of mind in animals: Current and future directions // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. – 2019. – V. 10. – № 6. – P. e1503.
134. Lazar R. M., Davis-Lang D., Sanchez L. The formation of visual stimulus equivalences in children // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 1984. – V. 41. – № 3. – P. 251-266.
135. Lazareva O. F., Smirnova A. A., Bagozkaja M. S., Zorina Z. A., Rayevsky V. V., Wasserman E. A. Transitive responding in hooded crows requires linearly ordered stimuli // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2004. – V. 82. – № 1. – P. 1-19.
136. Lefebvre L., Gaxiola A., Dawson S., Timmermans S., Rosza L., Kabai P. Feeding innovations and forebrain size in australasian birds // *Behaviour* 1998. – V. 135. – P. 8-10.
137. Lethmate J., Ducker G. Studies on self-recognition in a mirror in orangutans, chimpanzees, gibbons and various other monkey species // *Zeitschrift fur Tierpsychologie*. – 1973. – V. 33. – № 3. – P. 248–269.
138. Lewis M., Brooks-Guy J. *Social Cognition and the Acquisition of Self*. New York: Plenum. – 1979.
139. Lin A. C., Bard K. A., Anderson J. R. Development of self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Journal of Comparative Psychology*. – 1992. – V. 106. – № 2. – P. 120.
140. Lionello-DeNolf K.M. The search for symmetry: 25 years in review // *Learning Behavior*. – 2009. – V. 37 – №2. – P. 188-203.
141. Lionello-DeNolf K.M., Urcuioli P.J. Stimulus control topographies and test of symmetry in pigeons // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2002. – V.78. – P. 467–495.
142. Lipkens R., Kop P.F.M., Matthijs W. A test of symmetry and transitivity in the conditional discrimination performances of pigeons // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1988. – V. 49. – P. 395–409.

143. Lipsitt L. P., Serunian S. A. Oddity-problem learning in young children // *Child Development*. – 1963. – P. 201-206.
144. 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. – V. 78. – № 3. – P. 527-549.
145. Luciano C., Becerra I. G., Valverde M. R. The role of multiple-exemplar training and naming in establishing derived equivalence in an infant // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2007. – V. 87. – № 3. – P.349-365.
146. McCallum E. Are fish self-aware? // *Journal of Experimental Biology*. – 2019. – V. 222. – №. 9. – P. jeb192781.
147. Macphail E. M. The comparative psychology of intelligence // *Behavioral and Brain Sciences*. – 1987. – V. 10. – №. 4. – P. 645-656.
148. Mans L., Cicchetti D., Sroufe L. Mirror Reactions of Down's Syndrome Infants and Toddlers: Cognitive Underpinnings of Self-Recognition // *Child Development*. – 1978. – V. 49. – №4. – P. 1247-1250.
149. Matsuzawa T. The Ai project: historical and ecological contexts // *Animal Cognition*. – 2003. – V. 6. – № 4. – P. 199–211.
150. Matsuzawa T. Use of numbers by a chimpanzee // *Nature*. – 1985. – V. 315. – №. 6014. – P. 57.
151. Medam T., Marzouki Y., Montant M., Fagot J. Categorization does not promote symmetry in Guinea baboons (*Papio papio*) // *Animal cognition*. – 2016. – V. 19. – № 5. – P. 987-998.
152. Medina F. S., Taylor A. H., Hunt G. R., Gray R. D. New Caledonian crows' responses to mirrors // *Animal Behaviour*. – 2011. – V. 82. – №5. – P. 981-993.
153. Miklosi A., Polgardi R., Topal J., Csanyi V. Use of experimenter-given cues in dogs // *Animal Cognition*. – 1998. – V.1. – P. 113-121.
154. Miles H. L. Me Chantek: the developmental of self-awareness in a signing orangutan // *Self-awareness in animals and humans. Developmental*

- perspectives / Eds S. Parker, R. W. Mitchell, M. L. Boccia. Cambridge. 1994. – P. 254–272.
155. Morrison R., Reiss D. Precocious development of self-awareness in dolphins // PLoS One. – 2018. – V. 13. – № 1. P. e0189813.
 156. Murofushi K. Numerical matching behavior by a chimpanzee (*Pan troglodytes*): Subitizing and analogue magnitude estimation // Japanese Psychological Research. – 1997. – V. 39. – № 3. – P. 140-153.
 157. Nieder A. Inside the corvid brain—probing the physiology of cognition in crows // Current Opinion in Behavioral Sciences. – 2017. – V. 16. –P. 8-14.
 158. Obozova T., Smirnova A., Zorina Z., Wasserman E. Analogical reasoning in amazons // Animal cognition. – 2015. – V. 18. – № 6. – P. 1363-1371.
 159. O'Donnell J., Saunders K. J. Equivalence relations in individuals with language limitations and mental retardation //Journal of the Experimental Analysis of Behavior. – 2003. – V. 80. – № 1. – P. 131-157.
 160. 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. – V. 113. – № 26. – P. 7255-7260.
 161. Olsen E.M., Vollestad L.A. Evaluation of the use of visible implant tags in age-0 Atlantic cod // Nor Am J Fish Manag. – 2004. – V. 24. – P. 282-286.
 162. Osvath M., Kabadayi C., Jacobs I. Independent evolution of similar complex cognitive skills: the importance of embodied degrees of freedom //Animal behavior and cognition. – 2014. – V. 1. – № 3. – P. 249-264.
 163. Patterson F. G. P., Cohn R. H. Self-recognition and self-awareness in lowland gorillas // Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives / Eds. Parker S. T., Mitchell R. W., Boccia M. L. Cambridge University Press. 1994. – P. 273–290.

164. Pepperberg I. M. Acquisition of the same/different concept by an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*): Learning with respect to categories of color, shape, and material // *Animal Learning & Behavior*. – 1987. – V. 15. – №. 4. – P. 423-432.
165. Pepperberg I. M. Animal language studies: What happened? // *Psychonomic bulletin & review*. – 2017. – V. 24. – №. 1. – P. 181-185.
166. Pepperberg I. M. An interactive modeling technique for acquisition of communication skills: Separation of “labeling” and “requesting” in a psittacine subject // *Applied psycholinguistics*. – 1988. – V. 9. – №. 1. – P. 59-76.
167. Pepperberg I.M. Ordinality and inferential abilities of a grey parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. – 2006. – V. 120. – №. 3. – P. 205–216.
168. Pepperberg I. M. Numerical concepts: Grey parrot capacities // *Mathematical Cognition and Learning*. – 2015. – V.1. – P. 67-89.
169. 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.
170. Pepperberg I. M. Numerical competence in an African gray parrot (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. – 1994. – V. 108. – №. 1. – P. 36.
171. Pepperberg I. M. *The Alex Studies*. UK: Harvard University Press. 1999. 434 p.
172. Pepperberg I. M. / The comparative psychology of intelligence: Some thirty years later // *Frontiers in Psychology*. – 2020. – V. 11. – P. 973.
173. Pepperberg I. M., Brezinsky M. V. Acquisition of a relative class concept by an African gray parrot (*Psittacus erithacus*): discriminations based on relative size // *Journal of comparative Psychology*. – 1991. – V. 105. – №. 3. – P. 286.

174. Pepperberg I. M., Garcia S. E., Jackson E. C., Marconi S. Mirror use by African Grey parrots (*Psittacus erithacus*) // *Journal of Comparative Psychology*. – 1995. – V.109. – №2. – P.182.
175. Pepperberg I. M., Gordon J. D. Number comprehension by a grey parrot (*Psittacus erithacus*), including a zero-like concept // *Journal of Comparative Psychology*. – 2005. – V. 119. – N 2. – P. 197.
176. 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. – V.65. – №1. – P. 131-139.
177. Pickering S. P. C., Duverge L. The influence of visual stimuli provided by mirrors on the marching displays of Lesser Flamingos, *Phoeniconais minor* // *Animal Behaviour*. – 1992. – V. 43. – № 6. – P. 1048-1050.
178. Plotnik J. M., Clayton N. S. Convergent cognitive evolution across animal taxa: Comparisons of chimpanzees, corvids and elephants // *The conceptual mind: new directions in the study of concepts*. – 2015. – P. 29-56.
179. Plotnik J. M., de Waal F. B., Reiss D. Self-recognition in an Asian elephant // *Proceedings of the National Academy of Science USA*. – 2006. – V. 103. – № 45. – P. 17053 – 17057.
180. Posada S., Colell M. Another gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) recognizes himself in a mirror // *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*. – 2007. – V. 69. – №. 5. – P. 576-583.
181. Povinelli D. J. Failure to find self-recognition in Asian elephants (*Elephas maximus*) in contrast to their use of mirror cues to discover hidden food // *Journal of Comparative Psychology*. – 1989. – V. 103. – P. 122–131.

182. Povinelli D. J., Gallup G. G., Eddy T. J., Bierschwale D., Engstrom M. C., Perilloux H. K., Toxopeus I. B. Chimpanzees recognize themselves in mirrors. // *Animal Behaviour*. – 1997. – V. 53. – №5. – P.1083-1088.
183. Povinelli D. J., Rulf A. B., Landau K. R., Bierschwale D. T. Self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*): distribution, ontogeny, and patterns of emergence // *Journal of Comparative Psychology*. – 1993. – V. 107. – P. 347–372.
184. 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. – V. 104. – № 2. – P.133-145.
185. Prior H., Schwarz A., Gunturkun O. Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): evidence of self-recognition // *PLoS Biology*. – 2008. – V. 6. – № 8. – P. 1642–1650.
186. 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. – V. 21. – № 1. – P. 271-289.
187. Rajala A.Z., Reininger K.R., Lancaster K.M., Populin L.C. Rhesus Monkeys (*Macaca mulatta*) Do Recognize Themselves in the Mirror: Implications for the Evolution of Self-Recognition // *PLoS ONE*. – 2010. – V.5. – №9. – P. e12865.
188. Reader S.M., Laland K.N. Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2002. – V. 99. – P. 4436–4441.
189. Rehfeldt R.A. Establishing contextual control over generalized equivalence relations // *Psychological Record*. – 2003. – V. 53. – P. 415–428.
190. Reid P. J. Adapting to the human world: dogs' responsiveness to our social cues // *Behavioural processes*. – 2009. – V. 80. – №. 3. – P. 325-333.

191. Reiner A., Perkel D.J., Bruce L.L., Butler A.B. et al. Revised nomenclature for avian telencephalon and some related brainstem nuclei // *Journal Comparative Neurology*. – 2004. – V. 473. – P. 377–414.
192. Reiss D., Marino L. Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence. // *Proceed. of the National Academy of Sciences*. – 2001. – V. 98. – №10. – P. 5937-5942.
193. Rochat P., Striano T. Who's in the mirror? Self-other discrimination in specular images by four- and nine-month-old infants // *Child Development*. – 2002. – V.73. – P.35–46.
194. Roma P. G., Silberberg A., Huntsberry M. E., Christensen C. J., Ruggiero A. M., Suomi S. J. Mark tests for mirror self-recognition in capuchin monkeys (*Cebus apella*) trained to touch marks // *American Journal of Primatology*. – 2007. – V. 69. – № 9. – P. 989–1000.
195. Rumbaugh D. M. (ed.). *Language learning by a chimpanzee: The Lana project*. – Academic Press. 2014.
196. 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. 221–239.
197. Rumbaugh D. M., Hopkins W. D., Washburn D. A., Savage-Rumbaugh E. S. Comparative perspectives of brain, cognition, and language // *Biological and behavioral determinants of language development*. – 2013. – P. 155-174.
198. Rumbaugh D. M., Gill T. V., von Glasersfeld E. C. Reading and sentence completion by a chimpanzee (*Pan*) // *Science*. – 1973. – V. 182. – №. 4113. – P. 731-733.
199. Rumbaugh D. M., Savage-Rumbaugh E. S., Gill T. V. *Language skills, cognition, and the chimpanzee* // *Sign Language and Language Acquisition in Man and Ape*. Routledge. – 2019. – 137-159.

200. Rumbaugh D. M., Washburn D. A. Counting by chimpanzees and ordinality judgments by macaques in video-formatted tasks. – 1993.
201. Santos J. R., Barros R. S., Galvão O. Symmetry in *Cebus apella* // 29th Annual Meeting of the Association for Behavior Analysis. San Francisco. 2003.
202. Savage-Rumbaugh E. S. Can apes use symbols to represent their world? // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1981. – V. 364. – №. 1. – P. 35-59.
203. Savage-Rumbaugh E. S., Lewin R. *Kanzi: The ape at the brink of the human mind*. – Wiley, 1994.
204. Savage-Rumbaugh E. S., Rumbaugh D. M. Symbolization, language, and chimpanzees: A theoretical reevaluation based on initial language acquisition processes in four young *Pan troglodytes* // *Brain and Language*. – 1978. – V. 6. – №. 3. – P. 265-300.
205. Saunders K. J., Johnston M. D., Tompkins B. F., Dutcher D. L., Williams D. C. Generalized identity matching of two-dimensional forms by individuals with moderate to profound mental retardation // *American Journal on Mental Retardation*. – 1997. – V. 102. – 285–291.
206. Saunders R. R., Wachter J., Spradlin J. E. Establishing auditory stimulus control over an eightmember equivalence class via conditional discrimination procedures // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1988. – V. 49. – P. 95–115.
207. Schusterman R. J., Kastak D. A. California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations. *The Psychological Record*. – 1993. – V. 43. – № 4. – P. 823-839.
208. Sidman M. Reading and auditory-visual equivalences // *Journal of speech and Hearing Research*. – 1971. – V. 14. – №. 1. – P. 5-13.
209. Sidman M. Equivalence relations: Where do they come from? // *Behaviour analysis in theory and practice: Contributions and controversies /*

- Eds. Blackman D. E., Lejeune H. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, 1990. – P. 93-114.
210. 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. – V. 37. – № 1. – P. 23–44.
 211. Sidman M., Cresson O., Willson-Morris M. Acquisition of matching to sample via mediated transfer 1 // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1974. – V. 22. – № 2. – P. 261-273.
 212. Sidman M., Tailby W. Conditional discrimination vs. matching to sample: an expansion of the testing paradigm // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1982. – V. 37. – № 1. – P. 5–22.
 213. Sidman M., Wynne C.K., Maguire R.W., Barnes T. Functional classes and equivalence relations // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 1989. – V. 52. – № 3. – P. 261-274.
 214. Smirnova A. A., Lazareva O. F., Zorina Z.A. Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning. // *Journal of the Experimental Analysis of the Behaviour*. – 2000. – V. 73. – P. 163-176.
 215. Smirnova A., Zorina Z., Obozova T., Wasserman E. Crows spontaneously exhibit analogical reasoning // *Current Biology*. – 2015.– V.25. – № 2. – P. 256 – 260.
 216. Soares Filho P. S., Silva Á. J., 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. – V. 9. – № 2. – P. 30-39.
 217. Soler M., Colmenero J. M., Pérez-Contreras T., Peralta-Sánchez J. M. Replication of the mirror mark test experiment in the magpie (*Pica pica*) does not provide evidence of self-recognition // *Journal of Comparative Psychology*. – 2020. – V. 134. – № 4. – P. 363–371.

218. Soler M., Pérez-Contreras T., Peralta-Sánchez J. M. Mirror-mark tests performed on jackdaws reveal potential methodological problems in the use of stickers in avian mark-test studies // *PLoS One*. – 2014. – V. 9. – №1. – P. e86193.
219. Spiker D., Ricks M. Visual self-recognition in autistic children: Developmental relationships // *Child Development*. – 1984. – V. 55. – №1. – P. 214-225.
220. Spinozzi G., De Lillo C., Truppa V. Global and local processing of hierarchical visual stimuli in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*) // *Journal of Comparative Psychology*. – 2003. – V. 117. – № 1. – P. 15–23.
221. Stewart J. D., Stevens G. M. W., Marshall G. J., Abernathy K. Are mantas self-aware or simply social. A response to Ari and D’Agostino 2016? // *Journal of Ethology*. – 2017. – V. 35. – P. 145–147.
222. Suarez S. D., Gallup G. G., Jr. Self-recognition in chimpanzees and orangutans, but not gorillas // *Journal of Human Evolution*. – 1981. – V. 10. – P. 175–188.
223. Suarez S. D., Gallup Jr G. G. Social responding to mirrors in rhesus macaques (*Macaca mulatta*): Effects of changing mirror location // *American Journal of Primatology*. – 1986. – V. 11. – №3. – P. 239-244.
224. Suddendorf T., Butler D. L. The nature of visual self-recognition // *Trends Cogn. Sci.* – 2013. – V. 17. – № 3. – P. 121–127.
225. Suddendorf T., Collier-Baker E. The evolution of primate visual self-recognition: evidence of absence in lesser apes // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2009. – V. 276. – P. 1671–1677.
226. Swartz K. B., Evans S. Social and cognitive factors in chimpanzee and gorilla mirror behavior and self-recognition // *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives* / Eds. Parker S. T., Mitchell R. W., Boccia M. L. Cambridge University Press, 1994. – P. 189–206.
227. Sweeney M. M., Urcuioli P. J. Reflexivity in pigeons // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2010. – V. 94. – №. 3. – P. 267-282.

228. Swisher M., Urcuioli P. J. Symmetry in the pigeon with sample and comparison stimuli in different locations // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2013. – V. 100. – №. 1. – P. 49-60.
229. Swisher M., Urcuioli P. J. Reflexivity without identity matching training: A first demonstration // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2018. – V. 109. – №. 1. – P. 125-147.
230. 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. – V. 104. – № 2. – P. 119-132.
231. 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. – V. 85. – № 3. – P. 349-369.
232. Tomasello M., Call J. *Primate cognition*. Oxford University Press, USA. 1997.
233. Tomonaga M. Relative numerosity discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*): evidence for approximate numerical representations // *Animal Cognition*. – 2008. – V. 11. – P. 43-57.
234. Tomonaga M., Matsuzawa T., Fujita K., Yamamoto J.H. Emergence of symmetry in a visual conditional discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Psychological Reports*. – 1991. – V. 68. – №1. – P. 51-60.
235. Tomonaga M., Matsuzawa T. Enumeration of briefly presented items by the chimpanzee (*Pan troglodytes*) and humans (*Homo sapiens*) // *Animal Learning & Behavior*. – 2002. – V. 30. – №. 2. – P. 143-157.
236. Thompson R. L., Boatright-Horowitz S. L. The question of mirror-mediated self recognition in apes and monkeys: some new results and reservation // *Self-awareness in animals and humans. Developmental perspectives* / Eds S. Parker, R. W. Mitchell, M. L. Boccia. Cambridge, 1994. – P.330–349.
237. Thompson R.K.R., Contie C.L. 1994. Further reflections on mirror usage by pigeons: lessons from Winnie the Pooh and Pinocchio too // *Self-*

- awareness in animals and humans. Developmental perspectives / Eds S. Parker, R. W. Mitchell, M. L. Boccia. Cambridge, 1994. – P. 392–409.
238. Uchino E., Watanabe S. Self-recognition in pigeons revisited // *Journal of the experimental analysis of behavior*. – 2014. – V. 102. – №. 3. – P. 327-334.
239. Ujfalussy D. J., Miklósi Á., Bugnyar T., Kotrschal K. Role of mental representations in quantity judgments by jackdaws (*Corvus monedula*) // *Journal of comparative psychology*. – 2014. – V. 128. – № 1. P. 11.
240. Ünver E., Garland A., Tabrik S., Güntürkün O. Sneaking a peek: pigeons use peripheral vision (not mirrors) to find hidden food // *Animal cognition*. – 2017. – V. 20. – № 4. – P. 677-688.
241. Urcuioli P. J. Associative symmetry, antisymmetry, and a theory of pigeons'equivalence-class formation // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2008. – V. 90. – №. 3. – P. 257-282.
242. Urcuioli P. J. Emergent identity matching after successive matching training, I: reflexivity or generalized identity? // *Journal of the Experimental Analysis of behavior*. – 2011. – V. 96. – №. 3. – P. 329-341.
243. Urcuioli P. J., Swisher M. Emergent identity matching after successive matching training. II: Reflexivity or transitivity? // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2012. – V. 97. – №. 1. – P. 5-27.
244. 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. – V. 112. – P. 49-60.
245. van Buuren M., Auersperg A., Gajdon G., Tebbich S., von Bayern A. No evidence of mirror self-recognition in keas and Goffin's cockatoos. // *Behaviour*. – 2019. – V. 156. – № 5-8. – P. 763-786.
246. Vanhooland L. C., Bugnyar T., Massen J. J. M. Crows (*Corvus corone* ssp.) check contingency in a mirror yet fail the mirror-mark test // *Journal of Comparative Psychology*. – 2019. – V. 134. – № 2. – P. 158–169.

247. van Horik J. O., Clayton N. S., Emery N. J. Convergent evolution of cognition in corvids, apes and other animals // *The Oxford handbook of comparative evolutionary psychology* / Eds. Vonk J., Shackelford T. K. Oxford University Press, 2012. – P. 80–101.
248. Vasconcelos M., Urcuioli P. Associative symmetry in a spatial sample-response paradigm // *Behavioural Processes*. – 2011. – V. 86. – P. 305-315.
249. Velasco S. M., Huziwara E. M., Machado A., Tomanari G. Y. Associative symmetry by pigeons after few-exemplar training // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2010. – V. 94. – № 3. – P. 283-295.
250. Vonk J. A fish eye view of the mirror test // *Learning & behavior*. – 2019. – P. 1-2.
251. Walraven V., van Elsacker L., Verheyen R. Reactions of a group of pygmy chimpanzees (*Pan paniscus*) to their mirror-images: evidence of self-recognition // *Primates*. – 1995. – V. 36. – P. 145–150.
252. Ward A., Webster M. *Sociality: the behaviour of group-living animals*. – Berlin, Germany: Springer, 2016. – P. 149-174.
253. Watanabe S. Preference for mirror images and video image in Java sparrows (*Padda oryzivora*) // *Behavioural Processes*. – 2002. – V. 60. – № 1. – P. 35-39.
254. Westergaard G. C., Hyatt C. W. The responses of bonobos (*Pan paniscus*) to their mirror images: evidence of selfrecognition // *Human Evolution*. – 1994. – V. 9. – № 4. – P. 273-279.
255. Wimpenny J. H., Weir A. A., Clayton L., Rutz C., Kacelnik A. Cognitive processes associated with sequential tool use in New Caledonian crows // *PLoS One*. – 2009. – V. 4. – №. 8. – P. e6471.
256. Wirth O., Chase P. N. Stability of functional equivalence and stimulus equivalence: Effects of baseline reversals // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2002. – V. 77. – №. 1. – P. 29-47.

- 257. Yamamoto J., Asano T. Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*) // *The Psychological Record*. – 1995. – V. 45. – P. 3–21.
- 258. Zentall T. R., Wasserman E. A., Lazareva O. F., Thompson R. K., Rattermann M. J. Concept learning in animals // *Comparative Cognition & Behavior Reviews*. – 2008. – V. 3. – P. 13-45.
- 259. Zentall T.R., Wasserman E.A., Urcuioli P.J. Associative concept learning in animals // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. – 2014. – V. 101. – № 1. – P. 130–151.

ПРИЛОЖЕНИЯ**Приложение 1.****Исследование способности серых ворон к самоузнаванию в зеркале**

Рисунок 1. Обстановка эксперимента

Таблица 1.

Время чистки зоны метки (а) и остальных зон тела (b) у тестируемых ворон (для каждой вороны приводятся данные по двум экспериментальным сессиям с максимальным суммарным временем чистки)

ВОРОНА 1	Ознакомление (без метки, с зеркалом)				Тест (с меткой, с зеркалом)				Контроль (с меткой, без зеркала)			
Проба	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b
	1	30	133	163	22	86	108		7	71	78	
	2	4	122	126	46	112	158		4	37	41	
Сумма (2 сессии)	34	255	289	0,1333	68	198	266	0,3434	11	108	119	0,1019
ВОРОНА 2	Ознакомление (без метки, с зеркалом)				Тест (с меткой, с зеркалом)				Контроль (с меткой, без зеркала)			
Проба	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b
	1	8	48	56	18	29	47		9	56	65	
	2	4	42	46	7	39	46		4	31	35	
Сумма (2 сессии)	12	90	102	0,1333	25	68	93	0,3676	13	87	100	0,1494
ВОРОНА 3	Ознакомление (без метки, с зеркалом)				Тест (с меткой, с зеркалом)				Контроль (с меткой, без зеркала)			
Проба	Метка (a)	Остальное	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное	Всего	a/b

		(b)				(b)				(b)		
1	27	245	272		43	135	178		10	87	97	
2	15	139	154		48	154	202		33	129	162	
Сумма (2 сессии)	42	384	426	0,1094	91	289	380	0,3149	43	216	259	0,1991
ВОРОНА 4	Ознакомление (без метки, с зеркалом)				Тест (с меткой, с зеркалом)				Контроль (с меткой, без зеркала)			
Проба	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b
1	37	127	164		35	151	186		6	51	57	
2	23	224	247		15	54	69		12	41	53	
Сумма (2 сессии)	60	351	411	0,1709	50	205	255	0,2439	18	92	110	0,1957

Таблица 2.

Время чистки зоны метки (а) и остальных зон тела (b) у непомеченных ворон-«соседей»

ВОРОНА 1	Ознакомление (ворона, соседняя с данной, непомеченная, с зеркалом)				Тест (ворона, соседняя с данной, помеченная, с зеркалом)				Контроль (ворона, соседняя с данной, помеченная, без зеркала)			
Проба	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b
1	13	20	33		8	44	52		3	17	20	
2	8	46	54		6	15	21		2	47	49	
Сумма (2 сессии)	21	66	87	0,3182	14	59	73	0,2373	5	64	69	0,0781
ВОРОНА 2	Ознакомление (ворона, соседняя с данной, непомеченная, с зеркалом)				Тест (ворона, соседняя с данной, помеченная, с зеркалом)				Контроль (ворона, соседняя с данной, помеченная, без зеркала)			
Проба	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (а)	Остальное (b)	Всего	a/b
1	6	25	31		3	45	48		3	49	52	
2	4	49	53		5	14	19		5	13	18	
Сумма (2 сессии)	10	74	84	0,1351	8	59	67	0,1356	8	62	70	0,1290
ВОРОНА 3	Ознакомление (ворона, соседняя с данной, непомеченная, с зеркалом)				Тест (ворона, соседняя с данной, помеченная, с зеркалом)				Контроль (ворона, соседняя с данной, помеченная, без зеркала)			

Проба	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b
1	73	190	263		22	165	187		7	38	45	
2	49	199	248		9	90	99		9	76	85	
Сумма (2 сессии)	122	389	511	0,3136	31	255	286	0,1216	16	114	130	0,1404
ВОРОНА 4	Ознакомление (ворона, соседняя с данной, непомеченная, с зеркалом)				Тест (ворона, соседняя с данной, помеченная, с зеркалом)				Контроль (ворона, соседняя с данной, помеченная, без зеркала)			
Проба	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b	Метка (a)	Остальное (b)	Всего	a/b
1	3	37	40		4	41	45		2	24	26	
2	6	43	49		9	85	94		5	39	44	
Сумма (2 сессии)	9	80	89	0,1125	13	126	139	0,1032	7	63	70	0,1111

Приложение 2.

Исследование способности серых ворон к формированию симметричности и рефлексивности отношений между знаком и обозначаемым

№	Левый	Образец	Правый
1		S	
2		V	
3		V	
4		S	
5		S	
6		V	
7		S	
8		V	

Рисунок 1. Первые восемь из шестнадцати проб шаблона, использовавшегося при обучении с двенадцатью стимулами для выбора. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		S	
2		V	
3		V	
4		S	
5		S	
6		V	
7		V	
8		S	

Рисунок 2. Первые восемь из шестнадцати проб шаблона, использовавшегося при обучении с четырьмя стимулами для выбора. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		V	
2		S	
3		S	
4		V	
5		V	
6		S	
7		S	
8		V	

Рисунок 3. Первые восемь из шестнадцати проб шаблона, использовавшегося при обучении с двумя стимулами для выбора. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		V	
2		V	
3		S	
4	V		S
5		S	
6		S	
7		V	
8	V		S

Рисунок 4. Первые 8 из 192 проб, использовавшихся в тесте на понимание симметричности отношений с двумя стимулами для выбора. Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		<i>S</i>	
2		<i>V</i>	
3		<i>S</i>	
4	<i>V</i>		<i>S</i>
5		<i>V</i>	
6		<i>S</i>	
7		<i>V</i>	
8	<i>V</i>		<i>S</i>

Рисунок 5. Первые 8 из 192 проб, использовавшихся в тесте на понимание симметричности отношений с двенадцатью стимулами для выбора. Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		<i>S</i>	
2		<i>V</i>	
3		<i>V</i>	
4		<i>S</i>	
5		<i>S</i>	
6		<i>V</i>	
7		<i>S</i>	
8		<i>V</i>	

Рисунок 6. Первые 8 из 96 проб, использовавшихся в тесте на перенос правила выбора на новые стимулы той же категории (признак для сравнения – размер). Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		S	
2		V	
3		S	
4		V	
5		V	
6		S	
7		V	
8		S	

Рисунок 7. Первые 8 из 96 проб, использовавшихся в тесте на перенос правила выбора на новые стимулы новой категории (признак для сравнения – форма). Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1		S	
2		V	
3		S	
4	V		S
5		V	
6		S	
7		V	
8	S		V

Рисунок 8. Первые 8 из 96 проб, использовавшихся в третьем тесте на понимание симметричности отношений. Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1	S	■ ■	V
2	▲ ▲	V	▲ ☾
3	V	▲ ⚡	S
4	♥ ♥	♥ ♥	♥ ☾
5	V		S
6	⊕ ●	V	● ●
7	S	⊕ ▲	V
8	● ⚡	● ●	● ●

Рисунок 9. Первые 8 из 96 проб, использованные в первом тесте на рефлексивность отношений. Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.

№	Левый	Образец	Правый
1	S	■ ■	V
2	▲ ▲	V	▲ ☾
3	V	▲ ⚡	S
4	♥ ♥	♥ ♥	■ ■
5	V		S
6	⊕ ●	V	● ●
7	S	⊕ ▲	V
8		● ●	● ●

№	Левый	Образец	Правый
1	S	■ ■	V
2	▲ ▲	V	▲ ☾
3	V	▲ ⚡	S
4	1	1	8
5	V		S
6	⊕ ●	V	● ●
7	S	⊕ ▲	V
8	V	S	S

Рисунок 10. Первые 8 из 96 проб, использовавшихся во втором (слева) и в третьем (справа) тесте на понимание рефлексивности отношений. Пробы №4 и №8 – тестовые. Темным фоном выделен подкрепляемый стимул.